

\*\* Result [Patent] \*\* Format (P801) 15. Jan. 2003 1/ 1

Application no/date: 1998-507969[1997/07/28]  
Date of request for examination: [ ]  
Public disclosure no/date: 2001-506775[2001/05/22] **¥ Translate**  
Examined publication no/date (old law): [ ]  
Registration no/date: [ ]  
Examined publication date (present law): [ ]  
PCT application no PCT/US97/12920  
PCT publication no/date  
Applicant: INTAABARU RES CORP  
Inventor: NGO JIEI TOMASU, DONARUDO BURUUSU RANDOORU  
IPC: G06T 13/00  
FI: G06F 15/62 , 340D G06T 13/00 C  
F-term:  
Expanded classification: 454  
Fixed keyword: R011  
Citation:  
Title of invention: Pictorial image operation and a system for use in a cartoon film  
Abstract:  
PURPOSE:One zone establishes model having state space including plural zone having three apex, pictorial image example and apex in state space are connected, it is assumed that graphical images can be operated in a flexible aspect by setting sequence condition including lot of the interpolation weight which zone connected with pictorial image example corresponding to appointed one in access.  
CONSTITUTION:Input signal from the end user that is the entity which is different from an authoring system based on pictorial image example and an author is replied to, it is from a base graphic engine operating displayed pictorial image.Pictorial image 2A can be described by means of a pair of diagram parameter, and parameter changes become pictorial image or pictorial image of the cause, control points are moved properly, and two pictorial image B to 2 D is made.Each of a different pose of diagram 2A or more 2D composes pictorial image example establishing the first level of restraint condition in a graphic system.  
( Machine Translation )

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-506775

(P2001-506775A)

(43) 公表日 平成13年5月22日 (2001. 5. 22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 6 T 13/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62

テーマコード\* (参考)

3 4 0 D

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 70 頁)

(21) 出願番号 特願平10-507969  
 (86) (22) 出願日 平成9年7月28日 (1997. 7. 28)  
 (85) 翻訳文提出日 平成11年2月8日 (1999. 2. 8)  
 (86) 国際出願番号 P C T / U S 9 7 / 1 2 9 2 0  
 (87) 国際公開番号 W O 9 8 / 0 6 0 6 9  
 (87) 国際公開日 平成10年2月12日 (1998. 2. 12)  
 (31) 優先権主張番号 0 8 / 6 9 3 , 0 2 8  
 (32) 優先日 平成8年8月6日 (1996. 8. 6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (U S)

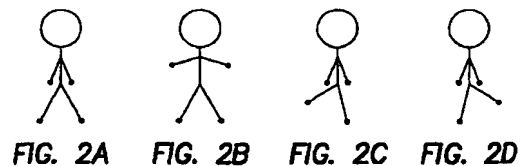
(71) 出願人 インターバル リサーチ コーポレイショ  
ン  
アメリカ合衆国94304 カリフォルニア州,  
パロアルト, ページ ミル ロード 1801  
 (72) 発明者 ンゴ, ジェイ., トマス  
アメリカ合衆国94087 カリフォルニア州  
サニイバール, リバプール ウエイ 719  
 (72) 発明者 ドナルド, ブルース, ランドール  
アメリカ合衆国94306 カリフォルニア州  
パロアルト, シェリダン アベニュー ナ  
ンバー333, 410  
 (74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像操作およびアニメーションのためのシステム

## (57) 【要約】

拘束条件に基づくグラフィックシステムは、システムの拘束条件を定めるよう、異なる画像例を使用する。これら画像例は各画像例の相対的比率を定める、ユーザーが指定した入力に従って、互いに補間できるサブセットにグループ分けされる。あるシーケンスのかかる補間された画像を定めることによりアニメーションを作成できるし、またこれとは異なり、ユーザーが画像に対する特定の状態を定めるよう、画像の観測可能な成分を直接操作できる。アニメーションがあるシーケンスの状態を通過するように進む際に、不自然な動きが生じないように、画像の基準フレームをシフトすることにより全体のシーン内で画像を位置合わせするよう自動変換値が定められる。システムの構造により新しい結果を与えるよう、別のアニメーションの相補的成分の組み合わせることができ、別個の成分にアニメーションを分割できる。これら成分としては、あるシーケンスの状態を定めるクリップ運動、クリップ運動を特定の画像コンフィギュレーションに適用するクリップキャラクターおよびクリップアートが挙げられる。



## 【特許請求の範囲】

1. パラメータ化された複数の画像例を発生する工程と、  
少なくとも1つのゾーンが少なくとも3つの頂点を有するような、頂点を有する複数のゾーンを含む状態空間を有するモデルを定める工程と、  
前記画像例と前記状態空間内のそれぞれの頂点とを関連付ける工程と、  
各状態が前記ゾーンの所定の1つに対応する画像例にそれぞれ関連付けられた補間重みの一組を含むあるシーケンスの状態を前記状態空間内に設定する工程と、  
  
前記状態の各々に対応する画像を逐次ディスプレイする工程とを備えた、グラフィック画像を操作するための方法。
2. 前記ゾーンが接続された構造を形成する、請求項1記載の方法。
3. 前記画像例の各々が二次元画像である、請求項1記載の方法。
4. 前記モデルが複数の成分モデルを含む複合モデルであり、これら成分モデルの全てが互いに等モルフィックなそれぞれの状態空間を定め、前記画像を逐次ディスプレイする工程が前記状態の各々を前記複合モデルの成分モデルの全てに適用することを含む、請求項1記載の方法。
5. ゾーンにおいて、ある状態から別の状態に進む際に画像のための基準フレームの変更を識別する、ゾーン内の頂点のうちの少なくとも1つのための変換値を定める工程を更に含む、請求項1記載の方法。
6. 2つのゾーンの間で少なくとも1つの頂点が共用され、この共用された頂点がこれと関連する2つのゾーンの各々に対して定められた別個の変換値を有する、請求項5記載の方法。
7. 前記別個の変換値が互いに異なる、請求項6記載の方法。
8. 第1ゾーンと第2ゾーンとの間で少なくとも2つの頂点が共用され、第1ゾーンにおける2つの頂点に関連する変換値の差が第2ゾーンにおける頂点に関連する変換値の差に等しくなることが求められる、請求項7記載の方法。
9. それぞれの状態の各々に対する画像例に関連する補間重み値に従って、ゾーンにおける頂点に対する変換値を補間することにより、前記シーケンスにおける各状態に対する変換値を決定する工程と、

第1状態に対する現在の変換値を設定する工程と、

第1状態から第2状態への遷移に対して、異なる変換値を決定する工程と、

前記異なる変換値を現在の変換値に加算し、新しい現在の変換値を計算する工程と、

この新しい現在の変換値に従って、前記第2状態に関連する画像をディスプレイする工程とを更に備えた、請求項5記載の方法。

10. 前記変換値を線形補間法によって決定する、請求項9記載の方法。

11. 前記シーケンス内の2つの連続する状態が隣接するゾーン内に存在する場合、

あるゾーンにおける第1状態から隣接するゾーンによって共用される前記ゾーンの境界上にある前記ゾーン内の第1経路ポイントへ移動する工程と、

前記第1経路ポイントから前記隣接するゾーンの境界にある第2経路ポイントへ移動する工程であって前記第1経路ポイントと第2経路ポイントとは、これらに関連する画像の同じ重みづけされた組み合わせを有している工程と、

前記第2経路ポイントから隣接するゾーン内の第2状態へ移動する工程とによって、第1状態から第2状態への遷移が生じる、請求項9記載の方法。

12. 画像の成分に関連する少なくとも1つのコンフィギュレーションパラメータを選択し、選択したパラメータの値を変更し、パラメータの新しい値に対応する状態を決定し、決定した状態に関連する画像をディスプレイすることにより、前記シーケンスの状態を設定する、請求項9記載の方法。

13. あるシーケンスの連続するパラメータ値を設定する工程と、前記シーケンスのパラメータ値にそれぞれ対応するあるシーケンスの状態を決定する工程と、前記画像がパラメータ値の変化に一致するよう、前記状態に対応する画像をディスプレイする工程とを更に含む、請求項12記載の方法。

14. 前記モデルが2つの状態空間を含み、前記画像例が前記2つの状態空間にそれぞれ対応する頂点の対に関連しており、

前記状態空間の各々において状態を設定する工程と、

前記2つの状態空間における状態に対する補間重みのクロス積である補間重みを合計することにより画像を計算する工程と、

前記クロス積に対応する画像をディスプレイする工程を更に含む、請求項1記載の方法。

15. 前記状態空間に関連するコンフィギュレーションパラメータを直接操作することにより、前記状態空間のうちの1つに対する状態を設定し、1つの状態を直接指定することにより他の状態空間に対する状態を設定する、請求項14記載の方法。

16. ゾーンにおいて、ある状態から別の状態に進む際に画像のための基準フレームの変更を識別する、ゾーン内の一对の頂点の間の少なくとも1つのエッジに対するエッジ変換値を定める工程を更に含む、請求項1記載の方法。

17. ゾーンに関連するエッジ変換値からゾーンに対する変換ベクトルフィールドを計算する工程と、

第1状態に対する現在の変換値を設定する工程と、

第1状態から第2状態への遷移に対する経路積分値を計算する工程と、

新しい現在変換値を計算するように、現在の変換値に前記経路積分を加算する工程と、

新しい現在変換値に従って前記第2状態に関連する画像をディスプレイする工程とを更に備えた、請求項16記載の方法。

18. 経路積分値が直線経路上にある、請求項17記載の方法。

19. ゾーンのエッジ上の経路積分値が前記エッジに対するエッジ変換値に一致するように前記ベクトルフィールドを定める、請求項17記載の方法。

20. 前記ベクトルフィールドが線形である、請求項19記載の方法。

21. マトリックスにより前記経路積分値を計算する、請求項21記載の方法。

22. 前記エッジ変換値が歪対称である、請求項21記載の方法。

23. 前記シーケンス内の2つの連続する状態が隣接するゾーン内に存在する場合、

あるゾーンにおける第1状態から隣接するゾーンによって共用される前記ゾーンの境界上にある前記ゾーン内の第1経由ポイントへ移動する工程と、

前記第1経由ポイントから前記隣接するゾーンの前記境界にある第2経由ポイント（前記第1経由ポイントと第2経由ポイントとは、これらに関連する画像の

同じ重みづけされた組み合わせを有する)へ移動する工程と、

前記第2経路ポイントから隣接するゾーン内の第2状態へ移動する工程とによって、第1状態から第2状態への遷移が生じる、請求項17記載の方法。

24. 変換値が画像のスケール変換値、画像の回転値、基準フレームに対する画像の並進値のうちの少なくとも1つから成る、請求項5または17記載の方法。

25. あるモデルの少なくとも1つの変換パラメータが他のモデルのコンフィギュレーション空間に組み込まれるように、少なくとも2つの関連するモデルが定義される、請求項5または17記載の方法。

26. 互いに等モルフィックである状態空間を有する複数のモデルを定める工程と、前記モデルのうちの1つにおいて前記シーケンスの状態を発生する工程と、画像を発生するように前記モデルのうちの他のモデルの等モルフィックな状態空間に前記シーケンスの状態を適用する工程とを更に含む、請求項1記載の方法。

27. 各々がそれぞれのシーケンスの状態を含む複数のクリップ運動を定め、更に前記クリップ運動の1つを前記モデルのうちのいずれかの状態空間に適用する工程を含む、請求項26記載の方法。

28. 互いに等モルフィックであるコンフィギュレーション空間を有する複数のモデルを定める工程と、前記モデルのうちの1つにおいて状態を発生する工程と、画像を発生するように前記モデルのうちの他のモデルの等モルフィックな状態空間に前記状態を適用する工程とを更に含む、請求項1記載の方法。

29. 各々がそれぞれのコンフィギュレーションを含む複数のクリップキャラクターを定め、更に前記モデルのうちのいずれかのコンフィギュレーション空間に前記クリップキャラクターのいずれかを適用する工程を含む、請求項28記載の方法。

30. 重み付けされた組み合わせ画像を形成するよう、線形関数に従って前記画像例を組み合わせる、請求項1記載の方法。

31. 複数のパラメータ画像例を発生する工程と、

頂点を有するゾーンを含む状態空間を有するモデルを定める工程と、

前記画像例と前記状態空間におけるそれぞれの頂点とを関連付ける工程と、

前記ゾーンの所定の1つに対応する画像例にそれぞれ関連する一組の補間重み

を含む第1状態を定める工程と、

前記第1状態に対応する画像をディスプレイする工程と、

画像に関連する少なくとも1つのコンフィギュレーションパラメータを直接操作する工程と、

操作されたパラメータにできるだけ密接に対応する第2状態を決定する工程と、

第2状態に対応する画像をディスプレイする工程とを備えた、グラフィック画像を操作するための方法。

32. 前記状態空間が複数のゾーンを含む、請求項31記載の方法。

33. 前記ゾーンの少なくとも1つが少なくとも2つの頂点を有する、請求項32記載の方法。

34. 第2状態を決定する工程が、

前記状態の変化と前記観察可能な成分のコンフィギュレーションパラメータの変化との関係を識別するヤコビマトリックスを決定する工程と、

ヤコビマトリックスの疑似逆マトリックスを計算する工程と、

状態変化を決定するように前記操作によって定められる前記パラメータ変化に対し、ヤコビマトリックスの疑似逆マトリックスを適用する工程と、

前記状態変化を前記第1状態変化に加算する工程とを備えた、請求項31記載の方法。

35. ゾーン内の状態がそれぞれの頂点に関連する変換値によって変更されるような、ゾーンの頂点に対するコンフィギュレーションパラメータの線形補間を含むように、前記ヤコビマトリックスを計算する、請求項34記載の方法。

36. 前記モデルが前記ゾーンに関連する変換値を更に含み、前記方法が更に、前記第1状態に対する現在の変換値を決定する工程と、

第1状態から第2状態への遷移に対する変換値の差（前記第2状態の値と前記変換値とは前記ゾーンに関連している）を前記第1状態の値から計算する工程と、

新しい現在の変換値を計算するように、現在の変換値に前記差の値を加算する工程と、

新しい現在の変換値に従って前記第2の状態に関連する画像をディスプレイする工程とを備えた、請求項31記載の方法。

37. ゾーン内の各頂点に変換値が関連している、請求項36記載の方法。

38. 2つのゾーンの間で少なくとも1つの頂点を共用し、この共用される頂点がこの頂点の関連する2つのゾーンの各々に対し定められる別個の変換値を有する、請求項37記載の方法。

39. 前記別個の変換値が互いに異なる、請求項38記載の方法。

40. 第1ゾーンと第2ゾーンとの間で少なくとも2つの頂点が共用され、第1ゾーンにおける2つの頂点に関連する変換値の差が第2ゾーンにおける頂点に関連する変換値の差に等しくなることが求められる、請求項39記載の方法。

41. エッジ変換値がゾーンにおける頂点の各対に関連する、請求項36記載の方法。

42. 2つのゾーンの間で少なくとも1つの頂点の対が共用され、この共用される頂点の対が、この頂点の対に関連する2つのゾーンの各々に対して定められた別個のエッジ変換値を有する、請求項41記載の方法。

43. 前記別個のエッジ変換値が互いに異なる、請求項42記載の方法。

44. 第1ゾーンと第2ゾーンとの間で少なくとも2つの頂点の対が共用され、第1ゾーンにおける2つの頂点の対に関連するエッジ変換値の差が第2ゾーンにおける頂点の対に関連するエッジ変換値の差に等しくなることが求められる、請求項43記載の方法。

45. 前記変換値を線形補間法によって決定する、請求項36記載の方法。

46. 前記第1状態および第2状態が隣接するゾーン内に存在する場合、あるゾーンにおける第1状態から隣接するゾーンによって共用される前記ゾーンの境界上にある前記ゾーン内の第1経由ポイントへ移動する工程と、

前記第1経由ポイントから前記隣接するゾーンの前記境界にある第2経由ポイント（前記第1経由ポイントと第2経由ポイントとは、これらに関連する補間重みの同じ組を有する）へ移動する工程と、

前記第2経由ポイントから隣接するゾーン内の第2状態へ移動する工程とによ



って、第1状態から第2状態への遷移が生じる、請求項36記載の方法。

47. パラメータ化された複数の画像例を発生する工程と、  
少なくとも1つのゾーンが少なくとも3つの頂点を有する、頂点を有する複数の  
ゾーンの含む状態空間を有するモデルを定める工程と、  
前記画像例と前記状態空間内のそれぞれの頂点とを関連付ける工程と、  
各状態が前記ゾーンの所定の1つに対応する画像例にそれぞれ関連付けられた  
補間重みの一組を含むあるシーケンスの状態を前記モデル内に設定する工程と、  
前記シーケンスにおける各状態に対する変換値を決定する工程と、  
前記状態の各々に対応する画像を逐次ディスプレイする工程と、  
変換値に従ってディスプレイされた各画像に対する基準フレームをシフトする  
工程とを備えた、グラフィック画像を操作するための方法。

48. 前記シフト工程が、  
第1状態に対する現在の変換値を設定する工程と、  
第1状態に対する変換値と第2状態に対する変換値との差を決定する工程と、  
前記差を現在の変換値に加算し、新しい現在の変換値を計算する工程と、  
この新しい現在の変換値に従って、前記第2状態に関連する画像をディスプレ  
イする工程とを更に備えた、請求項47記載の方法。

49. 変換値がゾーンにおける各頂点に関連している、請求項47記載の方法。

50. それぞれの状態の各々に対する画像例に関連する補間重み値に従って、ゾ  
ーンにおける頂点に対する変換値を補間することにより、前記シーケンスにおけ  
る各状態に対する変換値を決定する工程と、

第1状態に対する現在の変換値を設定する工程と、  
前記変換値、前記第1状態の値および前記第2状態の値から変換値の差を計算  
する工程と、  
前記変換値の差を現在の変換値に加算し、新しい現在の変換値を計算する工程  
と、

この新しい現在の変換値に従って、前記第2状態に関連する画像をディスプレ  
イする工程とを更に備えた、請求項49記載の方法。

51. 画像の成分に関連する少なくとも1つのコンフィギュレーションパラメータを選択し、選択したパラメータの値を変更し、パラメータの新しい値に対応する状態を決定し、決定した状態に関連する画像をディスプレイすることにより、前記シーケンスの状態を設定する、請求項50記載の方法。

52. あるシーケンスの連続するパラメータ値を設定する工程と、前記シーケンスのパラメータ値にそれぞれ対応するあるシーケンスの状態を決定する工程と、前記画像がパラメータ値の変化に一致するよう、前記状態に対応する画像をディスプレイする工程とを更に含む、請求項51記載の方法。

53. 前記変換値を補間法によって決定する、請求項50記載の方法。

54. 前記シーケンス内の2つの連続する状態が隣接するゾーン内に存在する場合、

あるゾーンにおける第1状態から隣接するゾーンによって共用される前記ゾーンの境界上にある前記ゾーン内の第1経路ポイントへ移動する工程と、

前記第1経路ポイントから前記隣接するゾーンの前記境界にある第2経路ポイント（前記第1経路ポイントと第2経路ポイントとは、これらに関連する画像の同じ重みづけされた組み合わせを有する）へ移動する工程と、

前記第2経路ポイントから隣接するゾーン内の第2状態へ移動する工程とによって、第1状態から第2状態への遷移が生じる、請求項50記載の方法。

55. エッジ変換値がゾーンにおける頂点の各対に関連している、請求項47記載の方法。

56. ゾーンに関連するエッジ変換値からゾーンに対する変換ベクトルフィールドを決定する工程と、

第1状態に対する現在の変換値を設定する工程と、

第1状態から第2状態への遷移に対する経路積分値を計算する工程と、

前記前記経路積分値を現在の変換値に加算し、新しい現在の変換値を計算する工程と、

この新しい現在の変換値に従って、前記第2状態に関連する画像をディスプレイする工程とを更に備えた、請求項55記載の方法。

57. 経路積分値が直線経路上にある、請求項56記載の方法。

58. ゾーンのエッジ上の経路積分値が、このエッジに対する変換値に一致するように、前記ベクトルフィールドを定める、請求項56記載の方法。

59. 前記ベクトルフィールドが線形である、請求項58記載の方法。

60. マトリックスにより前記経路積分値を計算する、請求項59記載の方法。

61. 前記エッジ変換値が歪対称である、請求項60記載の方法。

62. 前記シーケンス内の2つの連続する状態が隣接するゾーン内に存在する場合、

あるゾーンにおける第1状態から隣接するゾーンによって共用される前記ゾーンの境界上にある前記ゾーン内の第1経由ポイントへ移動する工程と、

前記第1経由ポイントから前記隣接するゾーンの前記境界にある第2経由ポイント（前記第1経由ポイントと第2経由ポイントとは、これらに関連する画像の同じ重みづけされた組み合わせを有する）へ移動する工程と、

前記第2経由ポイントから隣接するゾーン内の第2状態へ移動する工程とによって、第1状態から第2状態への遷移が生じる、請求項60記載の方法。

63. パラメータ化された画像例の組に関する情報および互いに補間できる画像の前記組のサブセットを定める情報を含み、個々の各サブセットが前記組内の全ての画像よりも少ない画像を含み、サブセットの全てが前記組における全ての画像を含むデータ構造と、

ディスプレイすべき画像に対する所望する状態を指定するための手段と、

前記所望する状態に対応し、互いに補間できる画像の前記サブセットの1つにおける、画像の重みづけされた組み合わせから成る補間された画像を発生するための手段とを備えた、グラフィック画像を操作するためのシステム。

64. 前記データ構造が、互いに補間できる画像の前記サブセットに関連する自動変換値を識別する情報を更に含み、前記補間画像発生手段が補間された画像の発生中に前記自動変換値が生じる、請求項63記載のシステム。

65. 補間できる画像の一群における個々の画像に前記自動変換値がそれぞれ関連している、請求項64記載のシステム。

66. 補間できる画像の一组における画像の対に前記自動変換値がそれぞれ関連している、請求項64記載のシステム。

67. 前記自動変換値が補間画像に適用されるスケール変換係数、回転係数および並進係数の少なくとも1つを含む、請求項64記載のシステム。

68. 所望する状態を指定するための前記手段が、発生される画像のためのコンフィギュレーションパラメータの操作を命令する手段と、操作される成分のコンフィギュレーションパラメータに対応する状態を決定するための手段とを含む、請求項64記載のシステム。

69. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像の特徴の位置である、請求項68記載のシステム。

70. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像における色である、請求項68記載のシステム。

71. 前記状態を決定するための手段が、前記状態の変化と前記コンフィギュレーションパラメータの変化との関係を識別するヤコビマトリックスを含む、請求項68記載のシステム。

72. ゾーン内の状態がそれぞれの頂点に関連する変換値によって変更されるゾーンの頂点に対するコンフィギュレーションパラメータの線形補間法を含むように、前記ヤコビマトリックスを計算する、請求項71記載の方法。

73. 所望する状態を指定するための前記手段が、発生される画像のためのコンフィギュレーションパラメータの操作を命令する手段と、操作される成分のコンフィギュレーションパラメータに対応する状態を決定するための手段とを含む、請求項63記載のシステム。

74. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像の特徴の位置である、請求項73記載のシステム。

75. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像における色である、請求項73記載のシステム。

76. パラメータ化された画像例の組に関係する情報および互いに補間できる画像の前記組のサブセットを定める情報を含み、個々の各サブセットが前記組内の

全ての画像よりも少ない画像を含み、サブセットの全てが前記組における全ての画像を含むデータ構造を定める工程と、

互いに補間できる画像の前記サブセットのうちの1つにおける画像の重みづけされた組み合わせから成る画像をディスプレイする工程と、

ディスプレイされた画像のコンフィギュレーションパラメータを直接操作する工程と、

操作される成分のコンフィギュレーションパラメータに対応する画像の前記サブセットのうちの1つにおける状態を決定する工程と、

決定された状態に対応する画像をディスプレイする工程とを備えた、グラフィック画像を操作するための方法。

77. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像の特徴の位置である、請求項76記載のシステム。

78. 前記コンフィギュレーションパラメータが画像における色である、請求項76記載のシステム。

79. グラフィック画像を発生し、操作するためのモデルを定める、コンピュータプロセッサにアクセス可能なメモリに記憶されるデータ構造において、

複数のパラメータ化された画像を識別する情報の第1の組と、

互いに補間できるように認められた画像を含むゾーンへの前記画像のグループ分けを識別する情報の第2の組とを備え、少なくとも1つのゾーンが少なくとも3つの画像を含み、他の全てのゾーンが少なくとも2つの画像を含み、各ゾーンが少なくとも1つの他のゾーンにも含まれる少なくとも1つの画像を含むデータ構造。

80. 前記ゾーンに関連する自動変換値を識別する情報の第3の組を更に含む、請求項79記載のデータ構造。

81. 前記自動変換値が前記ゾーンにおける個々の画像とそれぞれ関連する、請求項80記載のデータ構造。

82. 前記自動変換値が前記ゾーンにおける画像の対にそれぞれ関連する、請求項80記載のデータ構造。

83. 各自動変換値がディスプレイされる際の画像に適用されるスケール変換係数、回転係数および並進係数の少なくとも1つを含む、請求項80記載のデータ構造。

84. パラメータ化された画像を発生する工程と、

少なくとも1つのコンフィギュレーションパラメータが画像例ごとに異なる前記複数の画像例にそれぞれ対応する、頂点を有する複数のゾーンから成る状態空間を含むモデルを定める工程と、

画像の別のコンフィギュレーションパラメータがモデルごとに異なる、互いに等モルフィックな前記モデルのシーケンスを定める工程と、

前記ゾーンの所定の1つに対応する画像例にそれぞれ関連する補間重みの一組を含む状態を設定する工程と、

前記モデルのそれぞれのモデルからの前記状態に対応する画像を逐次ディスプレイする工程とを備えた、グラフィック画像を操作するための方法。

85. パラメータ化された複数の画像例を発生する工程と、

少なくとも1つのゾーンが少なくとも3つの頂点を有する、前記画像例にそれぞれ対応する、頂点を有する複数のゾーンから成る状態空間を含むモデルを第1コンピュータに記憶する工程と、

各状態が前記ゾーンの所定のゾーンに対応する画像例にそれぞれ関連する一組の補間重みを含む、前記状態空間内の状態のシーケンスを前記第1コンピュータに設定する工程と、

前記第1コンピュータから離間した第2コンピュータに前記シーケンスの状態を送信する工程と、

前記第2コンピュータに記憶されているモデル内の前記状態の各々に対応する画像を逐次ディスプレイする工程とを備えた、グラフィック画像を遠隔操作するための方法。

86. 前記第2コンピュータに記憶されたモデルに関連する画像例が、第1コンピュータに記憶されたモデルに関連する画像例と同じである、請求項85記載の方法。

87. 前記第2コンピュータに記憶されたモデルに関連する画像例が、第1コンピュータに記憶されたモデルに関連する画像例と異なる、請求項85記載の方法。

88. 前記パラメータ化された画像例がモデルの状態空間を示し、各画像例が状態空間内の対応する頂点の位置を示す、請求項1記載の方法。

89. 前記モードのトポロジー特性を識別する工程を更に含む、請求項1記載の方法。

90. 前記トポロジー特性が隣接度、接続性、ホモロジータイプ、境界および共境界から成る群から選択されたものである、請求項89記載の方法。

91. 複数のモデルを定める工程と、あるモデル内の状態空間から別のモデル内の状態空間への単体のマップを定める工程と、前記あるモデルに対する前記状態空間におけるあるシーケンスの状態を発生する工程と、前記単体のマップに従って前記他のモデルに対する前記状態空間に前記シーケンスの状態を適用する工程を更に含む、請求項1記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 画像操作およびアニメーションのためのシステム

## 発明の分野

本発明はコンピュータグラフィックシステムに関し、より詳細には、例えばアニメーション等を作成する目的のためにグラフィック画像を操作する能力を、熟練していないコンピュータユーザーに提供するためのシステムに関する。

## 発明の背景

高性能のコンピュータが平均的な消費者に次第に利用できるようになるにつれて、グラフィック画像は次第にコンピュータユーザーの多くが経験するものとなってきている。従って、種々の目的のためにコンピュータディスプレイに現れるグラフィック画像を多くのユーザーが操作できることが望ましくなっている。例えば特定の概念を生徒が容易に理解できるように、教師が一連の画像を作成したいと考えたり、別の例としてビジネスプレゼンテーションを高めたり、ニュースレターに特定のアイデアを送ったりするのに、グラフィック画像のアニメーションおよび他の操作を使用することができる。

これまで画像を操作するには一般にコンピュータグラフィックにかなりの経験を有する者の技能が必要であった。平均的なユーザーは種々のタイプのグラフィックスプログラムを利用できるが、これらプログラムは画像を容易に操作するには、特にある状態から別の状態に多数のグラフィック画像がスムーズに流れるアニメーションを作成するには良好に適しているものではなかった。例えばあるタイプの広く使用されているグラフィックプログラムは、ペイントプログラムとして知られている。このタイプのプログラムでは、グラフィック画像はビットマップに基づく。換言すれば、画像内の各ピクセルは数値によって定められており、これらプログラムのうちの1つにより画像を操作するには、最初の画像を作成するのに費やした努力をフルに活用することなく、あるビューから次のビューに変化する画像部分をユーザーが描画し直さなければならない。このタイプの手順は、平均的ユーザーの芸術的な能力を越えるものであることが容易に理解できよう。



グラフィック画像を用いた作業を容易にするためには、多くのプログラムは種類のタイプの拘束条件を使用している。このカテゴリーに入る広く使用されているあるタイプのプログラムとして、オブジェクト指向グラフィックスプログラムがあり、これらグラフィックプログラムとしては、例えば種々のタイプの描画プログラムが挙げられる。これらプログラムではプリミティブ、例えば直線、四角形およびスプラインを使用することによりグラフィック画像を作成し、ユーザーが画像を作成したい場合に、各プリミティブは位置決めすることができる2つ以上の制御ポイントを有する。例えば1本の直線は両端にある2つの制御ポイントによって定められる。この直線を画像内に移動するには、ユーザーは制御ポイントのうちの1つまたは双方の位置を変えるだけでよい。従って、画像内の各ピクセルを操作しなくても、ユーザーはあるフレームから別のフレームに画像を変更するのに、より小さい組の特徴によって作業することができる。しかしながらそうではあるが、特に画像が複雑である場合には、ユーザーは各プリミティブを別々に位置決めしなければならないので、画像を変更するにはまだかなりの量の手間が必要である。この結果、これらプログラムはアニメーションの作成または画像内のかなりの数の変更を必要とする同様な作業をするにはあまり適していないことが多い。

別のタイプのグラフィックスプログラムは1つの画像を変更するのに必要な作業量を低減するために明確な幾何学的拘束条件を利用している。米国特許第5,390,294号には拘束条件に基づくグラフィックシステムの一例が開示されている。このタイプのシステムではユーザーによって所定の拘束条件を明確に定めることができる。例えば画像内のボックスまたは他の対象物に直線の終端ポイントを取り付けたり、2本の直線を平行に定めることができる。要素のうちの1つを移動する際に拘束条件によって定められる環境を維持するよう、他方の要素を一方の要素に自動的に従わせる。この結果、画像内の種々の構成要素を操作するのにユーザーの側にはあまり手間がかからなくなる。しかしながらユーザーは、再び全体としての画像ではなく、個々の構成要素により作業をする。更にかかるシステムで利用できる拘束条件のタイプはコンピュータを用いた機械的な設計分野以外のアニメーションにはあまり適していない。従って、かかるシステムはまだ

不十分な能力しか有しておらず、特にかなりの数のフレームから成るアニメーションの場合、平均的なユーザーが使用するには時間がかかり過ぎる。

アニメーションなどを作成する目的のためにより複雑な拘束条件に基づく別のグラフィックシステムが既に開発されている。かかるプログラムの例として明確な代数学的拘束条件を使用するプログラムがある。これらタイプのプログラムは画像を操作するためのより強力なツールとなっているが、これらもより高度なレベルの技能を必要とする。更に画像を操作するためにこれらプログラムが使用するアプローチは直感的ではなく、この結果、喜ばせることができるような最終作品をかかるシステムによって作成するのに必要な時間も経験もない、パソコンの平均的ユーザーにはこのアプローチは良好に適しているとはいえない。

あるタイプの拘束条件に基づくグラフィックシステムは逆運動力学を利用してゐる。かかるシステムは一般に本発明の開発で求めていた使用の容易性にアプローチしているが、かかる用途は関節のある図形、例えばジョイントによって接続された剛性ロッドの集合としてモデル化できる特徴に限定される。従って、これらシステムは一般に関節のある図形に関与しない、パソコンの平均的ユーザーの要求を満たすことはできない。

米国特許第5,416,899号には、パソコンの平均的ユーザーによるアニメーションシーケンスを発生するように特別に設計されたシステムが開示されている。このシステムでは二次元ビューの一组が分散データを発生し、この分散データからマルチターゲット補間法によって即時画像を発生できる。個々のプリミティブとは異なり、アニメーションシーケンスを定めるのに完全なビューを操作することはアニメーションを作成する者にとって容易に使用できるパラダイム（模範例）となっている。しかしながらこのケースにおいても、ビューが定められる状態空間の次元が一様であるので、ユーザーに与えられるフレキシビリティは限られている。更にビューの独立したパラメータをユーザーが操作しなければならない。かかるアプローチは本来的に非直感的であるので、ユーザーの側に所定の技能が必要とされる。

ユーザーがグラフィック画像を直接操作し、よって、より直感的なアプローチ方法を提供できる別の公知の技術もある。かかる技術は1994年、コンピュー

タサイエンスのCMUスクールのCMU-C S-94-217のミカエル・グレイチャーによる博士論文「グラフィカル相互対話へのアプローチ」に記載されている。この技術は本質的にはユーザーによって定められる所定の組の制御条件を満たすように、グラフィックオブジェクトが占めるべき関係を決定するのに、ヤコビマトリックス（行列）を使用している。このヤコビマトリックスは状態と共に任意に変化するので、状態が変化すると共に再計算しなければならない。従って、この結果得られる技術は計算上高くつき、特に効率的ではない。更にかかるシステムによってサポートされるタイプの関係は、限られた組の状況でしか有効でない。

特定のシステムおよびプログラムの他に、グラフィックスおよびアニメーションのための種々のソフトウェア言語も開発されている。かかる言語の例としてJava、CondorおよびInventor/VRMLがある。かかる言語の各々は拘束条件の付いたグラフィックスを作成する能力および可能な場合には画像の直接操作もサポートする。しかしながらこれらはエンドユーザー製品以外の言語であるので、これらは高度の技能を必要とし、従って平均的用户には適していない。

従って、エンドユーザー側に高度の技能レベルまたはかなりの努力を必要とすることなく、コンピュータユーザーが直感的およびフレキシブルな態様でグラフィック画像を容易に操作でき、例えばアニメーション等を作成することができるようにするシステムを提供することが望ましい。

#### 発明の概要

本発明によれば、上記目的は、異なる画像例がシステムの基本的拘束条件を定めるようになっている拘束条件に基づくグラフィックシステムによって達成される。簡単に述べれば、本発明によれば、適当なグラフィックライブラリーを使用する作者、すなわちコンテンツプロデューサによって所望するグラフィック画像が発生される。画像の変形例も作者によって作成され、操作に使用できる特定の画像例を与える。異なる画像例は画像間の意味のある補間を可能にするように、互いに対応性を有する。例えばこれら画像例は、1つの例から次の画像例に位置が変化し得る共通する組の制御ポイントを共用できる。従って、グラフィック画

像はパラメータ化される。

画像例は作者により要素を互いに混合できるサブセットにグループ分けされる。これらグループ分けはシステム内で第2レベルの拘束条件を定める。本発明の有利な特徴の1つは、種々の異なるトポロジを定めるように画像例を所望する態様でグループ分けし、かなりのフレキシビリティを与えることができるという点にある。

作者が画像例およびそれらのグループを定めた後、この結果はグラフィック画像の操作に関し、かなりのレベルの技能を有する必要のないエンドユーザーに提供される。サブセットを選択し、サブセット内の各画像例の相対的比率を選択することによりユーザーは状態を指定する。システムはこれら比率で画像例を混合し、ディスプレイされる画像を作成する。ユーザーがあるシーケンスのかかる状態を定めることによりアニメーションを作成できる。

本発明の別の特徴として、シーン全体内の画像の整合を行うように作者により自動変換が定められる。ある状態から別の状態への画像の遷移として不自然な動きが生じないように、この自動変換は画像のための基準フレームをシフトする。従って、要するに自動変換はシステム内の第3レベルの拘束条件を定める。

本発明の別の特徴によれば、2つの異なるアプローチにより画像を操作できる。ドライビングとして知られる1つの方法では、ユーザーによりあるシーケンスの状態を明確に定める。各状態に対し、制御ポイントの対応するコンフィギュレーションを計算し、これからディスプレイ可能な画像を作成する。タグgingとして知られる第2のアプローチでは、ユーザーはあるシーケンスの状態を定めるのではなく、むしろディスプレイされた画像と直接相互対話する。ユーザーは画像の1つ以上のパラメータ、例えば制御ポイントの色または位置の所望する変化を指定する。これに応答し、グラフィックシステムは指定したパラメータを所望する値にできるだけ接近させる状態を計算する。この目的のために、ハンドルを形成する1つ以上の制御用の特徴を元の画像に与えることができ、ユーザーはこのハンドルを介し、画像の構成成分を明らかに操作できる。例えば画像を形成するプリミティブをハンドルでグループ分けすることができ、よってユーザーがこのハンドルを移動またはタグgingすると、関連するプリミティブも移動する

別の例として、ユーザーによってハンドルが移動されるにつれ、パラメータも変化するように画像のパラメータ、例えば色をハンドルに関連付けできる。作動の際にシステムはユーザーによって指定された新しい各ハンドル位置に対しハンドルを指定された位置に移動させる状態シーケンスを計算する。

システムの構造はアニメーションを別個の構成成分に分割できるようになっている。例えばこれら構成成分は状態空間内のあるシーケンスの状態を定める動き、動きを特定の画像コンフィギュレーションに適用するスケルトン、および認識できる画像を発生するように色および形状とコンフィギュレーションとを関連付けるスキンとすることができる。所定の境界内において異なる組の画像例からの個々の構成成分と別の画像の組の相補的成分とを組み合わせ、新しい結果を発生できる。

添付図面に示された特定の例を参照して、以下、本発明の上記およびそれ以外の特徴だけでなく、これらによって提供される利点について説明する。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明を使用できるタイプのコンピュータシステムの一例の全体のブロック図である。

図2A～2Dは、アニメーションの基礎を形成できる画像の例を示す。

図3は、図2A～2Dの画像から誘導できる組み合わせ構造の図である。

図4は、状態空間内に孔を有する組み合わせ構造の別の例の図である。

図5A～5Dは、歩行者を示すのに使用できる画像例の別のグループを示す。

図6Aは、自動変換を行うことなく繰り返し動作を示すのに一連の画像を周期的に使用する効果を示す。

図6Bは、自動変換を行うことにより繰り返し動作を示すのに一連の画像を周期的に使用する効果を示す。

図7は、完全保存的変換を使用する組み合わせ構造の図である。

図8Aおよび8Bは、ゾーン間の保存的変換およびゾーン間の非保存的変換をそれぞれ使用する例の図である。

図9は、図8Aおよび8Bの例に対する状態空間の図である。

図10は、ゾーン間の非保存的変換を使用する状態空間の図である。

図11は、図5A～5Dの歩行サイクルに対する状態変換の図である。

図12は、ゾーン間の非保存的変換を使用する状態空間の別の図である。

図13は、ゾーン間の非保存的変換を計算するのに使用されるマトリックスの図である。

図14は、ゾーン間の非保存的変換の計算の別の例である。

図15は、経路積分を示すためのゾーンの一例である。

図16は、状態のゾーン間遷移を示す状態空間図である。

図17は、本発明の全システムのブロック図である。

図18Aは、モデルに関する情報を記憶するためのデータ構造のブロック図である。

図18Bは、図18Aの例に示されたモデルの図である。

図19Aおよび19Bは、ユーザーが制御できるハンドルを備えたスライダーバーの2つの図である。

図20は、モジュラー部分を形成するのに異なる構成成分をグループ分けできる態様を示す、本発明の方法のフローチャートである。

図21Aおよび21Bは、クリップ運動およびクリップキャラクターをそれぞれペースティングする略図である。

図22A～22Cは、状態空間アダプタを示すための状態空間例である。

図23は、状態空間クロス積のためのマトリックスである。

図24は、モデル間の階層的アタッチメントの図である。

図25は、離間したゾーンの間の補間法を示すための、多数のゾーンを有する状態空間の図である。

#### 詳細な説明

本発明の原理および特徴の理解を容易にするために、以下、特に比較的簡単な二次元グラフィック画像を参照して本発明を説明する。これら特定の例は、説明のために記載されているものであり、本発明の実施例だけを示すものではないこ

とが理解できよう。むしろ本発明の原理は多数の異なる結果を得るために種々の異なるタイプのグラフィック画像に適用できる。本発明が適用できる他のタイプのグラフィック画像の例として、三次元画像、モーフィングされた画像およびボクセルグラフィック画像がある。

本発明はディスプレイ装置、例えばモニタにディスプレイしたり、および／または文書にプリントするためにコンピュータ内で画像を操作せんとするものである。コンピュータシステムの特定のハードウェア構成部品は、発明自体の一部を形成するものではないが、所望する結果を得るために本発明の特徴事項がコンピュータシステムの構成部品とどのように協働するかを完全に理解するよう、これらハードウェアの構成部品について簡単に説明する。

図1を参照すると、コンピュータシステムはコンピュータ110を含み、このコンピュータには種々の外部周辺デバイス112が接続されている。コンピュータ110は中央処理ユニット114および関連するメモリを含む。このメモリは一般にランダムアクセスメモリ116として構成されるメインメモリと、リードオンリーメモリ118から構成できるスタティックメモリと、永久記憶装置、例えば磁気または光ディスク120を含む。CPU114は内部バス122を介し、これら形態のメモリの各々と通信する。周辺デバイス112はデータ入力デバイス、例えばキーボード124と、ポインティングまたはカーソル制御デバイス126、例えばマウス、トラックボール、ペン等を含む。ディスプレイ装置128、例えばCRTモニタまたはLCDスクリーンはコンピュータ内で処理される情報、例えばコンピュータによって発生された画像の視覚的ディスプレイを発生する。プリンタ130または同様なかかる装置を通してこの情報のハードコピーを得ることができる。ネットワーク接続部131はコンピュータシステムが他の遠隔地のコンピュータと通信できるようにしている。これら外部周辺デバイスの各々はコンピュータ上の1つ以上の入出力ポート132によりCPU114と通信するようになっている。

#### 一般的概念

一般的に本発明は2つの主な特徴から成る。すなわち画像例に基づくオーサリ

ングシステム（このシステムを通し、操作すべき画像の一組のコンテンツと拘束条件を第1エンティティが定める）と、一般に作者とは異なるエンティティであるエンドユーザーからの入力信号に応答し、ディスプレイされた画像を操作する基礎となるグラフィックエンジンから成る。かかるシステムでは適当な描画プロ

グラムまたは同様なプログラムを使って数個の画像例を作成する。例えば図2Aはオブジェクト指向的描画プログラムを使って作成された簡単なスティック図形を示す。この図形を描画するのに使用されるプリミティブは本体の構成成分の各々に対する直線と、図形の頭部のための円から成る。図2Aの画像は一組の図形パラメータによって記述できるので、パラメータ化された画像となっている。この特定の例では、図形パラメータはプリミティブの各々を定める制御ポイント、例えば直線の各々の終端ポイントの（x，y）位置とすることができる。腕および脚の各々の端部に制御ポイントが示されている。

図2A～2Dではスティック図形は6つの異なるポーズに描かれている。特に図2Aではこの図形は腕が両側にあり、立っている状態にあり、図2Bでは外側に広げられている。図2Cの図形では右脚が上げられており、図2Dでは左脚が上げられている。これら異なるポーズの各々はグラフィックシステムにおける拘束条件の第1レベルを定める画像例を構成する。図2Aの元の画像を変更することにより、例えば腕および脚の端部にある図示された制御ポイントを適当に移動することにより、図2B～2Dの画像例の各々を作成できる。

画像例が作成された後、これらは作者により互いに補間できる画像例のサブセットにグループ分けされる。図2A～2Dの実施例では、図2A、2Bおよび2Cの画像例は1つのサブセットを形成し、図2A、2Bおよび2Dの画像例は別のサブセットを形成する。この特定の例では、図2Cおよび2Dの画像の双方を同じサブセット内に入れることは好ましくない。その理由は、これらの2つの間の補間を行う結果、各脚が少なくとも部分的に持ち上げられた図形が得られ、よってこの図形は地面から浮き上がるように見えるからである。当然ながら別の例ではかかる結果を受け入れることができる。かかるケースでは設計者はかかる制約条件を補間法に課すことはない。



種々の画像例の関係を識別するトポロジー上のデータ構造を定めるように、これら種々の画像例を互いに関連付けできる。図3には、図2A～2Dの画像に対するかかるデータ構造の例が示されている。図3を参照すると、4つの画像例の各々が幾何学的形状の頂点と関連している。特に1つのサブセットを形成する図2A、2Bおよび2Cの3つの画像例は三角形を定めている。図2A、2Bおよび2Dの例から成る第2のサブセットは第2の三角形を定めている。図2Aおよび2Bの画像例は2つのサブセットの間で共用されるので、共通する境界に沿って2つの三角形が接合される。画像例の各サブセットは単体、またはゾーンを構成し、これらゾーンのすべては共に組み合わせ構造、すなわち単体の集合としての複合体として知られる状態空間を形成する。図5に示されたケースでは、この状態空間は2つの三角形ゾーン、ABCおよびABDから成る。このケースにおける双方のゾーンは二次元構造であるが、状態空間は一次元ゾーン、すなわち端部ポイントが2つの画像例によって定められるような直線のみならず、多次元ゾーン、例えば4つの画像例によって定められる六面体を含むことも可能である。

この組み合わせ構造はグラフィックシステムのための状態空間を定める。この空間内の所定のポイントは特定の画像を定め、この状態空間内の運動は画像の外観を変える。より詳細には、頂点の各々は図2A～2Dに示された画像例の1つに対応し、2つの頂点の間に位置するポイントはそれぞれの頂点に関連する2つの画像の各々の代表的部分から成り、補間された画像を生じさせる。従って、このポイントが図3の構造内の最も低い頂点Aから最も高い頂点Bに移動する際に図形の腕は図2Aに示される位置から図2Bに示される位置までスムーズに移動する。最も低い頂点Aから左側の頂点Cへの移動により、画像は図2Aの状態から図2Cの状態に変化する。3つの頂点A、BおよびCによって定められる三角形内のある場所に位置するポイントは、両腕が部分的に持ち上げられ、左脚が部分的に上げられた画像に対応する。例えばポイント12は画像が60%の図2B、30%の図2A、および10%の図2Cから成る重みづけされた複合画像である状態を示す。単位までの%の合計およびこれら%に対応する重みの値、例えば0.6、0.3および0.1は重心座標におけるベクトルを構成する。本発明の

比較的簡単な実施例では、画像例は線形に補間されるが、別の実施例では補間法は非線形関数、例えば3次多項式を使用できる。状態空間内の状態  $s$  はゾーンによって指定でき、この場合のゾーンはベクトル、すなわち  $[0.3, 0.6, 0.1]$  と共に画像例 A、B および C を含む。

図2および3の例では、(2つの画像例の組み合わせを含む)ゾーンのエッジに沿った任意の頂点(単一の画像例を含む)または(3つの画像の組み合わせを

含む)ゾーンの内部に可能な状態が存在できる。この場合、図3におけるシェーディングによって示されるように、ゾーンを構成する三角形が満たされる。別の実施例では、設計者は可能な状態を2つの画像のうちの最大画像によってしか定めることができないように指定してもよい。かかるケースでは三角形は満たされるのではなく中空となり、3つの2画像例のゾーンによって構成される。2つのゾーン ABC および ABD は少なくとも1つの頂点を共用するので、互いに隣接するものとする。更に状態空間によって定められる構造全体は、接続されているものとする。その理由は、2つのゾーン X および Y に対し、X が  $Z_1$  に隣接し、 $Z_1$  が  $Z_2$  に隣接し、....  $Z_n$  が  $y$  に隣接するように、あるシーケンスのゾーン  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  が存在するからである。

図4は、種々の異なる次元のゾーンから成る組み合わせ構造を示す。2つの二次元ゾーン ABC および CDE は満たされた三角形を構成する。この構造は3つの一次元ゾーン BD、EF および EG も含む。3つのゾーンのエッジ BC、CD および BD は閉じた形状を形成するが、状態が3つの画像例 B、C および D の組み合わせから1つの状態を構成できないことを示すように、この形状は満たされていない。従って、状態空間は1つ以上の孔、すなわち定めることができる状態に対応しない状態空間内のエリアを含むことができる。状態空間内のパスは孔の回りを移動するサイクル、例えばパス BCDB を含むことができる。

本発明の比較的簡単な実施例では設計者によってすべてのゾーンの組をマニュアルで定めることができる。この目的のために作成システムは設計者に4つの基本コマンド、例えばゾーンを追加する、ゾーンを削除する、ゾーンに画像例を挿入し、画像例をゾーンから除く、なるコマンドを提供できる。設計者はこれら4

つのコマンドにより任意の所望する構造を有するように状態空間を設定できる。これとは異なり、ゾーンの組を自動的または半自動的に発生することが可能である。例えばゾーンの組を発生する1つの自動的なアプローチは、種々の画像例の間の類似度のある客観的尺度、例えば幾何学的形状の空間内におけるユークリッド距離、または画像空間内のハウスドルフ距離（メトリック）を定め、更にすべてが所定の固定された類似度のスレッシュホールドを越える画像例の集合からあるゾーンを発生する方法である。1つの可能な半自動アプローチでは、ユーザーは形

状空間内の種々の部分で使用される類似度のスレッシュホールドを変えることができる。また、別の半自動アプローチでは自動分類アプローチ、例えばバージョン空間を使用して作者に与えられる種々の組み合わせに画像例をグループ分けする。作者は所定の組み合わせによって作成できる、画像に関する自分の好き嫌いを表示でき、作者からのフィードバックに基づき、ゾーンの最終グループを選択する。

設計者はゾーンごとに画像の外観を定めるパラメータZを指定できる。例えばこのパラメータは、どのグラフィックプリミティブが見ることができないかを識別するスタッキング値、および見ることが出来るプリミティブのうちで、例えば2つ以上のプリミティブが重なり、一方のプリミティブが他方のビューを遮った場合のスタッキング順位とすることができる。本発明によればスタッキング順位またはその他のパラメータは組み合わせ構造におけるすべてのゾーンに対し、同じである必要はない。むしろ各ゾーンは観察者があるゾーン内の画像から隣接するゾーン内の画像に変えた際にディスプレイされた画像が変化するように、各ゾーンはプリミティブに対し異なるパラメータを有してもよい。

作者が定めたすべてのゾーンの組は次の拘束条件を満たすことが好ましい。

1. どの頂点も、少なくとも1つのゾーン内に現れること。そうでない場合、使用されなくなる画像例も生じる。
2. ゾーンの組を接続すべきである。ゾーンが接続されない場合、一部の画像にアクセスできなくなる。
3. どのゾーンも少なくとも2つの頂点を含むべきである。更に作者は他のゾ

ーンのサブセットであるゾーンを定めてはいけない。そのように定めた場合、一部のゾーンが不要となり、所定の動作が不明瞭となり得る。

一旦、一組の画像に対する多数の状態が定められると、ユーザーはアニメーションを作成するのにあるシーケンスの状態 ( $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ ...) を指定できる。一連の繰り返し動作を含むアニメーションに対しては同じシーケンスの状態を周期的にリコールすることができる。かかる状況の一例として、歩く動きがある。図5A～5Dは2足歩行サイクルを発生するのに使用できる4つの画像例を示す。図5Aでは、両足が地面にあり、左足が前方にある。図5Bでは左足が地面にあり、右足が持ち上げられている。図5Cでは再び両足が地面にあるが、右足が前

方にある。最後に図5Dでは右足が地上に留まり、左足が持ち上げられている。これら4つの画像例を連続的に経過するあるシーケンスの状態を定めることにより図形が連続移動しながらあたかも歩行するかのように見えるようにすることができる。

#### 変換

例えば連続した動きの効果を発生するための、シーケンス内で画像を再利用することに関連した問題は、連続する画像を整合させることに関連している。図5A～5Dを参照すると、左右の足が地面にある時の両足の位置は2つの矢印によって示されている。図5A～5Bおよび5Cを通して5Dへ変化する際に、足は適当な位置に留まっている。これは異なる画像はもともと2本の矢印が示すような特定の基準フレームに対し、適当な位置に描かれていることによるものである。しかしながら次のサイクルにおいて、図5Aが元の基準フレームにディスプレイされる場合、図5Dから5Aの変化は「ムーンウォーキング」効果を発生する。換言すれば、左足が地面にある場合に右足は最初の歩行サイクルの開始時における元の位置にスリップして戻る。従ってキャラクターは歩いているように見えるが、サイクルのうちの最初の3つの段階の間で行われる前進は、第4の段階におけるDからAへの変化の間に失われる。

このような効果を保証するために図5Aの画像の元の段階に対し、図5Aの画

像の次の段階を1ペースだけ変換するような措置をとる必要がある。次のようにすることにより、図5Aの画像の第2段階を図5Dの画像例の第1段階に整合させる。本発明によれば図5Dから5Aへの自動変換を指定することにより、この位置合わせを行う。要するに、この特定の例では自動変換は画像の基準フレーム、例えば図形が最初に図形が描かれていた紙またはその他の媒体を1ペースの距離だけ右側にシフトするように機能する。より一般的には、ある状態から別の状態へ進む間の画像の変換はスケール率 $s$ だけ画像をスケール変換し、ある原点を中心として回転角 $\theta$ だけ画像を回転し、変位値 $(x, y)$ だけ二次元の並進運動を行う。原点を中心とし、制御ポイントをスケール変換し、原点を中心としてこの制御ポイントを回転し、この制御ポイントを並進することにより画像内の任意の制御ポイントに変換のある要素を適用できる。図示した例では、右足がスリッパ

しているかのように見えることを防止するように自動変換によって紙を前方にスライドさせる。

図5A～5Dの簡単な例では、変換の4つの要素のうちの1つしか必要でない。すなわち $x$ 方向の並進しか必要でない。この自動変換の効果は図6Aおよび6Bを参照して示されている。図6Aは図5A～5Dの4つの画像例を通過することによって発生される歩行シーケンスを示す。この場合、自動変換は行われず。この結果、図5Dの画像から図5Aの画像にシーケンスがシフトする際、画像に対する基準フレームは原点に戻る。先に指摘したように、このタイプの動作が行われる結果、「ムーンウォーキング」効果が生じ得る。

図6Bは自動変換を使用する際に得られる効果を示す。この場合、自動変換は1つの完全なステップの長さに等しい距離だけ基準フレームの水平並進運動を指定する。従って、図5Dの画像から図5Aの画像まで変化する際に、基準フレームは自動変換によって指定される値 $T_{\text{cycle}}$ だけシフトされる。この結果、キャラクターはディスプレイ中のシーンを横断するように前方に移動するように見える。

グラフィックスシステムにおいて所定の所望する効果を得るように自動変換を

任意に定めることができる。図5A～5Dの歩行例では、各ゾーンはゾーンごとに2つの例を有する一次元となっている。この場合、適当な変換は比較的ストレートフォワードである。組み合わせ構造がより複雑となるにつれ、より高い次元のゾーンと共に、より種類の異なるタイプの変換を使用できる。従って、例えば二次元ゾーンでは後述するようにある組の状況下では変換の組をマトリックス状に表記できる。

グラフィックスシステムで使用される自動変換は次の4つの異なるタイプに分類できる。

1. 全く何もないタイプ
2. ゾーン外の状態遷移およびゾーン内状態変化遷移の双方に対する保存的変換
3. 隣接するゾーン間のゾーン外遷移に対する保存的変換および隣接するゾーンの間のゾーン間遷移に対する保存的変換
4. 隣接するゾーン間のゾーン外およびゾーン内遷移に対する非保存変換

自動変換が行われない第1ケースは実現が最も容易であるが、得られる結果の点では最も限定的である。自動変換がない場合、画像例が作成されたものと同じ基準フレームに常に画像が現れる。図5A～5Dの図示した例では、歩行図形は見られているシーンを横断するのではなく、常に同一位置へ戻る。従って、このケースは静止した画像、例えば状態空間内の単一状態によって定められるクリップアートに最も適す。

第2カテゴリー、すなわち完全に保存的変換は状態間で遷移を行うのに使用される特定経路に拘わらず、隣接するゾーン内の2つの状態の間の変換が常に同じとなるように保証する。図7を参照すると、2つの隣接するゾーンを横断するように状態S1から状態S2へ進む際に自動変換は画像を値(x, y)だけ並進させなければならないことがある。画像が状態S1から状態S3へ進み、次に状態S2に進む場合、完全に保存的なシステムでは、真の変換は同じである。すなわち値(x, y)だけの並進となる。

所定の場合、例えば状態のシーケンスが1つの孔を中心とする閉じた経路を形

成する図5A～5Dの歩行サイクル例でこれら結果は有効であるが、結果として生じる効果が望ましくない状況もあり得る。例えば図8Aおよび8Bは、車輪が左から右へ地面に沿って転動し、次に空中へ上げられ、元の位置よりお上の位置に復帰するようなあるシーケンスの画像を示す。本例では自動変換は車輪の画像の回転を特定する。図8Aは自動変換の完全保存的な実現例を示している。理解できるように、車輪が地面の上での転動を終了すると、画像は方向矢印が右を示す状態となる。車輪が空中で元の位置に戻るよう並進運動するにつれ車輪はサイクルの開始時と同じ回転位置となるように逆方向に回転する。

実際には車輪は空中を並進運動している間、当然後方へは回転しない。かかる状況に合わせるために、車輪が地面にある状態と空中にある状態に対して別個のゾーンが定められる。これら2つの異なる状況を区別するのに、非保存的ゾーン間遷移が使用される。この例のための状態空間は図9に示されており、この結果生じるディスプレイは図8Bに示されている。本例では車輪の画像は車輪が地面の上にある間、1つのゾーンABCD内にあり、空中にある時は別のゾーンCDE

EFにある。車輪が地面に沿って走行する際に一組の変換が適用される。すなわち車輪が並進しながら回転する。車輪が頂点Bで時計回り方向に450度回転することを示すよう、この変換は値450によって表示される。しかしながら空中に関連するゾーンCDE Fにある間、別の組の変換、本ケースでは車輪が回転しないようにゼロ変換を使用する。

図8Aおよび8Bの例では変換は所定ゾーン内では保存的であるが、隣接するゾーンの間の接続部では非保存的である。適用できるゾーンは車輪が地面に接しているか否かによって決まる。図9の例ではゾーンABCDは理解を容易にするためにかなりの高さを有するように示されている。実際には頂点AとDにある画像の間の差異のみならず、頂点BとCにある画像間の差異はわずかである。この理由は車輪が持ち上げられるとすぐに、状態はゾーンCDE Fに入るからである。

あるケースでは車輪のケースに対して上で述べた地面と空中の二分法に類似した態様で自動変換の動作の急激な差を、状態空間に含めることが適当でないこと

がある。このような状況ではゾーンの境界部だけでなく、ゾーン内で生じる非保存的変換を使用する。図10は歩行または這って移動できる人の、画像上のポイント、例えば人の臀部上にあるポイントが従うことのできる経路を示す。経路の頂部エッジを横断すると、人は例えば図5A～5Bに示されるような歩行サイクルを通過させられるが、底部エッジを横断すると、人が自分の両手およびひざで移動する這うサイクルを人は通過させられる。頂部エッジから底部エッジまで運動すると、人は直立位置からひざで立つ位置へ、更にこの逆方向に移動させられる。

人が1サイクルだけ前方に歩き（AからB）、ひざで立つ位置まで前屈みになり（BからC）、1サイクルだけ後方に這い（CからD）、次に立ち上がる（DからE）場合、這うサイクル（CD）で横断する距離は歩くサイクル（AB）の距離よりも短いので、人の画像は開始した場所と同じ場所にならないはずである。ゾーン外変換が保存的である場合、人は点線が示すように、立ち上がった位置Aにスライドして戻るように見える。ゾーン外の非保存的変換を行うと、人を描いた時の基準フレームはこのスリップ現象を防止するようにシフトさせられる。

ゾーン外の保存的変換の場合、ゾーン内の各頂点には自動変換値が割り当てられる。1つの頂点が2つ以上のゾーンと関連している場合、ゾーンごとに異なる変換値を割り当てることができる。1つの頂点以外のゾーン内の任意のポイントに対する変換値を決定するには、当該ポイントの頂点の比例する重みに従い、例えば線形状にスケール変換、回転および変位に対する値を補間する。従って、状態 $s$ は関連する変換値 $T(s)$ を有する。状態 $s_1$ から状態 $s_2$ に遷移する際に先の状態に対する変換値に $T(s_2) - T(s_1)$ の値を加えることにより自動変換値が変わる。

例えば図5A～5Dの歩行サイクルは図11に示されるように頂点AB、BC、CDおよびDAをそれぞれ含む4つの一次元ゾーンを含む。頂点AはゾーンDAにおける全歩行サイクルによる並進に等しい変換値を有する。そうでない場合、各頂点はゾーンABにおける頂点Aを含む各ゾーン内にゼロ変換値を有する。従って、75%のAおよび25%のBから成る状態 $s_1$ から25%のAおよび7



5%のBから成る状態 $s_2$ へ移動する場合、基準フレーム、例えば紙片は移動しない。しかしながら75%のDおよび25%のAから成る状態 $s_3$ から25%のDおよび75%のAから成る状態 $s_4$ に移動する場合、基準フレームは後方への移動を否定するように、基準フレームは歩行サイクルのうちの半分だけシフトする。

ゾーン外の非保存的変換を行うために、ゾーン内の頂点のどの対もエッジによって接続されている。図12を参照すると、図示されたゾーンはエッジAB、BCおよびCAを定める3つの頂点A、BおよびCによって定められる。各エッジには1つの自動変換が関連付けられており、この自動変換を本明細書ではエッジ変換と称す。このケースでは、各変換を $T_{ij}$ と称し、ここで $i$ および $j$ は2つの頂点を示す。図12の例ではエッジABおよびBCはゼロの自動変換値を有し、一方、エッジCAは頂点Cから頂点Aの方向に+5の自動変換値、例えば $T_{CA}=5$ を有する。本発明の好ましい実施例では、自動変換値は歪対称的に、すなわち $T_{AC}=-5$ と定められる。この特定の例では変換は、例えば基本方向への並進量とすることができる単一係数によって示される。実際には当然、この変換値はスケール、回転および並進のための上記係数のすべてを含むことができる。

同一ゾーンにおける所定の状態 $s_1$ から別の状態 $s_2$ へ進む際の自動変換はマトリックス乗算によって決定できる。図13を参照すると、エッジ変換の値はマト

リックス20によって表示される。開始状態および終了状態の各々は状態における3つの画像例の各々の重みを識別するベクトル22、24によってそれぞれ示される。図13に表示された特定の例は、頂点A（ベクトル1、0、0）から頂点B（ベクトル0、1、0）までの遷移に関するものであり、自動変換の値はマトリックス乗算によって決定され、本ケースではマトリックス乗算によってゼロの値が得られる。頂点Aから頂点C（ベクトル0、0、1）への遷移に対しては、結果は-5となることが理解できる。

ゾーンのエッジではなく、ゾーンの内部での遷移に対し、自動変換の値は従う経路の長さおよび方向に比例すべきである。再び図12を参照すると、経路ABC Aは5の真の変換値を有し、経路DEFDは4の変換値を有し、経路GHI G

は3の変換値を有する、等々である。図14は状態 $s_1 = 10\%$ のA、 $10\%$ のB、 $80\%$ のC（これは図12における近似ポイントIである）から状態 $s_2 = 80\%$ のA、 $10\%$ のB、 $10\%$ のC（近似ポイントG）への遷移が行われる例を示す。変換マトリックスによる状態ベクトルの乗算の結果、3.15の値を有する自動変換が行われる。

上記非保存的自動変換のマトリックスをベースとする説明は、経路積分の数学的技術に基づくものである。この技術はマトリックスを使用しない非保存的自動変換の別の説明をするのに使用できる。このような方法により同一ゾーンにおける状態 $s_1$ から別の状態 $s_2$ に遷移する間累積される自動変換値は次の経路積分によって定められる。

$$\int_{\alpha} V ds$$

ここで、 $\alpha$ はゾーンにおける $s_1$ から $s_2$ への経路であり、 $V$ はゾーンの内部および境界で定められるベクトルフィールド（場）であり、これを本明細書では変換ベクトルフィールドと称す。このベクトルフィールドの数値は拘束条件からとられる。本発明の好ましい実施例では、これら拘束条件は次のとおりである。

1 -  $V$ は重心座標系において線形である。

2 - 経路 $\alpha$ がゾーンにおける頂点 $v_1$ から頂点 $v_2$ までのエッジに一致する場合、積分値はゾーンにおける頂点の対 $(v_1, v_2)$ に関連するエッジ変換に等し

く、このことは反対称的（アンチシンメトリック）である。すなわち $v_1$ から $v_2$ までに進む際の自動変換は $v_2$ から $v_1$ に進む際の自動変換と全く逆である。

図15に示された例を参照して、上記のことを説明する。この例は頂点A、BおよびCを有する二次元ゾーンを示す。 $T_{ab}$ はaとbとの間の変換であり、 $\alpha$ はゾーンのエッジに沿ったaからbへの経路である。この目的は次のように定められる三次元ベクトルフィールド $V$ を探すことである。

$$\int_{\alpha} V ds = T_{ab}$$

ここで、 $V$ は重心座標系において線形であるベクトルフィールドである。一般

に  $V$  の次元は少なくともゾーンの次元でなければならない。

頂点  $a$ 、 $b$  および  $c$  における  $V$  の値は、 $V(a) = A$ 、 $V(b) = B$  および  $V(c) = C$  となるようにそれぞれ三次元ベクトル  $A$ 、 $B$  および  $C$  によって示すことができる。 $V$  は線形であるので、 $A$ 、 $B$  および  $C$  は完全に  $V$  を決定する。 $A$ 、 $B$  および  $C$  の値は次のように選択できる。図 15 の例では、頂点  $a$  に対する重心座標系は  $(1, 0, 0)$ 、ベクトル  $B$  の座標系は  $(0, 1, 0)$  であり、 $T_{ab}$  は 7 の値を有する。経路  $\alpha$  は重心座標で次のように表示できる。

$$\alpha(t) = (1-t, t, 0)$$

このケースでは解は次のようになっている。

$$\int_{\alpha} V ds = \int_0^1 V(\alpha(t)) \cdot \alpha'(t) dt = T_{ab} = 7$$

この解は線形方程式を与えることが理解できる。

$$Ay - Ax + By - Bx = 14$$

ここで、 $A = (Ax, Ay, Az)$

$$B = (Bx, By, Bz)$$

各エッジに対し、同様な経路積分を行うことができ、各ケースでは  $V$  の成分に対する線形方程式が得られる。これら線形方程式はマトリックスを形成する。各エッジに対し、 $T_{ab} = -T_{ba}$  となる条件が成立する場合、マトリックスは図 13

および 14 の例に示されるように、歪対称的である。スムーズな経路、すなわち断片的に線形でない経路を含むゾーン内の経路に対する自動変換を計算するのに、経路積分を使用できる。この経路積分は、例えばスプラインである経路に対しても有効である。しかしながら線形経路の場合、自動変換は上記マトリックス計算にまとめられる。

経路積分は上記マトリックスに基づく記述にまとめられると理解できよう。従って、この経路積分に基づくがマトリックスに基づく記述を使用しない、非保存

的自動変換の使用に対する別のアプローチは本発明の範囲内にある。

あるゾーンにおける状態  $s_1$  から隣接するゾーンにおける状態  $s_2$  へ移動する遷移に対し、自動変換を3つのステップで計算する。このゾーン内移動は図16に示されており、下記の表1には状態の割り当てが示されている。まず第1に、1つのゾーンにおける移動に対してこれまで説明した規則を使用した第1ゾーンの境界上で、状態は  $s_1$  から状態  $s_1'$  に変換する。第2に、自動変換を行うことなく、第2ゾーンの境界上で状態は  $s_1'$  から状態  $s_2'$  に変化する。最後に、ゾーンにおける移動規則を使って状態は  $s_2'$  から  $s_2$  に変化する。状態  $s_1'$  および  $s_2'$  は、本明細書ではポイントを通過するものと識別されており、これら状態は2つのゾーンにおける等価的ポイントを示す。これら2つの状態は、2つのゾーンの間で共用される例のすべてに対し、同じ相対的比率を有する場合には均等であり、共用されないいずれかのゾーンにおける例のすべてに対してはゼロとなると称される。上記アプローチはゾーン外遷移が保存的ゾーン内にあるか、または非保存的ゾーン内にあるかとは関係なく適用される。

表1.

	A	B	C	D
$s_1$	.25	.5	.25	-
$s_1'$	.5	.5	0	-
$s_2'$	.5	.5	-	0
$s_2$	.5	.25	-	.25

上記のように、あるシーケンスの状態を指定することによりアニメーションを作成する。本発明のコンテキストでは、アニメーションを2つの異なる態様で定めることができる。ドライビングとして知られる1つの態様では、ユーザーはシステムの状態空間内で操作する。基本的にはユーザーは明確に、あるシーケンスの状態  $s_0, s_1, \dots, s_n$  (ここで  $s_i = (z_i, \lambda_i)$  であり、 $z_i$  はゾーンを示し、 $\lambda_i$  はそのゾーンに関連する成分例の重みを示す。ドライビングモードではシステムは指定された状態の各々を逐次進む。これは自動的またはユーザーの制御により、例えばスライダーバーまたは他のグラフィックデバイスを移動する

ことにより行うことができる。

ドライビング中、自動変換は状態シーケンスをトラッキングすることが好ましい。保存的ゾーン外係数の場合、アニメーションが状態  $s_1$  から  $s_2$  に遷移するにつれ、自動変換  $T$  は現在の変換値に  $T(s_2) - T(s_1)$  の値を加えることにより、同様な遷移を経過する。換言すれば  $T(s_1)$  と  $T(s_2)$  との間の差は上記のように計算され、 $s_1$  から  $s_2$  への遷移時に適用される。

図17には本発明のグラフィックシステムの構造全体および動作を示す全体ブロック図が示されている。この図を参照すると、システムの基本的特徴は作者によって指定されるモデル30によって定められる。このモデルは4つの基本的構成成分から成る。これら成分のうちの2つ、すなわちコンフィギュレーション空間32およびパラメータ化された画像34は画像例によって決定される。コンフィギュレーション空間は画像を定める制御ポイントの値から成る。従って、ある画像が種々のプリミティブから構成される場合、コンフィギュレーション空間の各要素はこれらプリミティブに対する制御ポイントの位置を定める情報、例えば直線の終了ポイント、円の中心等を含む。画像パラメータ34は最終画像を生成するのにこれらプリミティブにどのように色、例えばテクスチャーが適用されるかを示す。モデルのうちの他の2つの成分はゾーンを決定するトポロジ的構造、すなわち状態空間と上記自動変換値を含む。

図18Aにはコンピュータのメモリ16および／または20内にモデルを定める情報を記憶するための1つの可能なデータ構造が示されている。この特殊なデータ構造は2つのゾーン36および38を含む、図18Bに示されているような

状態空間に関係する。ゾーン36は4つの例を含み、六面構造を定め、ゾーン38は三角形を定める3つの例を含む。これら2つのゾーンは1つの共通する例、例えば頂点を共用する。図18Aを参照すると、データ構造は各ゾーンに対し別個の記録36a、38aを含む。各記録はポインタ40、またはゾーンにおける例42に対する同様なかかる基準を含む。ゾーン36および38は共通する頂点を含むので、これら記録の双方は同じ例42aに対するポインタ40aを含む。これら記録は上記のようにオーサリングシステムを介して入力されるコマンドに

応答して作成できる。

各ゾーンに対する記録はゾーンに対する自動変換を示すポインタも含む。この特殊な例ではゾーン36は保存的自動変換値を含む。このように各頂点は1:1の関係で自動変換値46に対する関連するポインタ44を有する。これと対照的に、ゾーン38はこれに関連する非保存的自動変換値を有する。このケースでは頂点是对になるようにグループ分けされ、各頂点の対は自動変換値50に対する関連するポインタ48を有する。

再び図17を参照すると、状態発生器52によって示されるように、モデルに対し、異なる状態が発生される。この状態の発生は種々の異なるタイプの入力データに応答して実行できる。例えばこれら状態はユーザーによって明確に定めることができる。これとは異なり、これら状態を特定のアニメーションシーケンスに関係するファイル54内にあらかじめ記憶しておき、このファイルから検索することもできる。上記のように各状態は状態空間の特定ゾーン内のベクトルとして定めることができる。このベクトルはコンフィギュレーション補間器56に与えられる。この補間器は当該ゾーンにおける画像例の各々に対するコンフィギュレーションデータを含み、マルチターゲット補間法を実行し、指定された状態に対する制御ポイントのコンフィギュレーション等を決定する。

この状態データは自動変換値アキュムレータ58にも与えられる。このアキュムレータ58は記憶されているモデル30から自動変換データを検索し、発生する新しい状態に対する自動変換値を計算する。保存的変換の場合、この値は上記のように先の状態に対する変換値と新しい状態に対する変換値との差を含む。非保存的変換の場合、この値は上記マトリックス方法を使って計算される。次に、

先の状態に関連してアキュムレータに記憶されていた現在の変換値に対し、新しい状態に対する自動変換値が加算される。

補間されたコンフィギュレーションデータはレンダラー60に与えられ、このレンダラーは記憶されている画像パラメータ34に従ってレンダリングされた画像、例えばビットマップ化された画像を計算する。このレンダリングされた画像はアキュムレータ58から提供される累積された変換値に従って変換される。次

にディスプレイ装置 128 にこの結果生じる画像がディスプレイされる。

#### タギング（引っ張り操作）

ユーザーの技能レベルによってはアニメーションの状態空間内での作業は便利とならないことがある。例えば各指定された状態に対する各例の比例成分  $\lambda_i$  を指定することは、直感的な操作とはならないことがある。従って、本発明によれば、アニメーションに対する第2のより相互対話的なアプローチが提供される。タギングとして知られるこのアプローチでは、ユーザーは状態空間内で作業するのではなく、グラフィック画像のコンフィギュレーションパラメータを直接操作する。このコンフィギュレーションパラメータはユーザーが直接観察できる画像の特徴に関係するものであり、これらコンフィギュレーションパラメータは、例えば二次元画像における制御ポイントの  $(x, y)$  位置または色のようなパラメータを含むことができる。

タギング（引っ張り）操作ではユーザーは画像の一部のコンフィギュレーションパラメータを選択し、入力デバイス 62、例えばカーソル制御装置 126 を使ってこれらコンフィギュレーションパラメータの変化を定める。例えばユーザーは図形の手を選択し、ポーズまたは運動経路を指定するようにこれを移動することができる。

コンフィギュレーションパラメータは入力デバイスの運動に応答して変化する。例えば手の場合では、コンフィギュレーションパラメータは画像に対する制御ポイントの  $(x, y)$  座標とすることができる。手の領域上の任意の場所をクリックすると、制御ポイントが選択される。すなわち各制御ポイントはこれに関連する所定量の「物的財産」を有する。この物的財産の任意の部分を移動させると、制御ポイントに関連するコンフィギュレーションパラメータの値、本ケースでは

その  $x, y$  位置が変化する。タギング動作は基本的にはドライブ操作の逆である。より詳細にはユーザーが入力デバイスを移動させると、グラフィックシステムのタagger 64 がモデル内で制御ポイントを入力デバイスによって指定される位置の値に対応する位置へ移動させる状態を決定する。この状態は、次に状態発生

器52に与えられ、適当なグラフィック画像をディスプレイするのに使用されるので、ディスプレイされた画像は入力デバイスの移動に応答して移動するように見える。

タギング操作は画像内の対象の移動のみに限定されるものではない。例えば色はタギングにより操作できる別のコンフィギュレーションパラメータである。1つのゾーンはそれぞれの異なる色で同じシーンを表示する画像例から構成できる。この場合、ユーザーがシーンの特定エリアをクリックすると、この画像に隣接してカラーツールをディスプレイできる。このカラーツールは1つ以上のスライダーを含むことができ、これらスライダーはユーザーが適応できるカラー空間の異なる軸線に沿って色成分、例えば赤、緑および青成分を直接操作できるようにする。ユーザーがスライダーを移動すると、グラフィックシステムは選択された色に最も近く対応する画像状態を決定し、この結果生じる画像をディスプレイし、ユーザーに相互対話的にフィードバックする。

モデルの直接操作を容易にするために、本明細書ではハンドルと称される少なくとも1つのグラフィックプリミティブを各画像に与えることができる。このハンドルは画像のコンフィギュレーション変数と見なされる(x, y)位置を有し、従って、このハンドルは上記のように操作できる。設計者の要求およびユーザーの機能レベルに応じ、ハンドルを画像内で見えるようにしたり、見えないようにすることができる。ハンドルが見える場合、ユーザーはこれを直接選択し、操作することができる。見えない場合、画像の所定部分、例えば特定の対象または色のエリアをクリックするとハンドルを選択することができる。例えば図19Aおよび19Bは、画像に現れるスライダーを示す。スライダの頂部にある星印はユーザーに見えない実際のハンドル位置を示す。ハンドルによりグループ分けされるスライダの任意の部分をドラッグすることにより、画像の状態を操作できる。先の例と同じように、ユーザーがハンドルを移動すると、グラフィックシステムは所望するハンドル位置に対応する状態を決定し、これに対応する画像をディスプレイする。

マニュアルで操作される入力デバイスに応答し、画像が移動する相互対話式タ



ギングの他に、バッチ式タギングとして知られる自動化された形態のタギングを実施できる。この実施例ではハンドルのサブセットに模倣のための動きデータが与えられる。この動きデータは種々のソース、例えば別のアニメーションの特徴、俳優のトラッキングされた特徴または別のグラフィック上のハンドルから誘導できる。

ユーザーが多数のコンフィギュレーションパラメータ、例えば多数のハンドルの位置を制御したい場合、コンフィギュレーションパラメータの一部のサブセットの位置を制御するのに仮想マウスを使用できる。例えばユーザーが特定ハンドル上のカーソルをクリックすると、ユーザーが選択したハンドルしか移動しないように、仮想マウスを使って他のハンドルの一部またはすべてを所定位置にホールドできる。これとは異なり、仮想マウスを使ってユーザーが選択したハンドルと調和した態様で、他の選択されていないハンドルを移動させることもできる。従って、作動時には実際のマウスと仮想マウスとは多次元マウスとして働く。実際のマウスに関連するハンドルはこの運動に従うが、一方、仮想マウスに関連するハンドルは元の位置に留まるか、所定の調和した運動を行う。

タギング操作は2つのタイプのうちの1つ、すなわち単一ゾーン内に結果として得られる状態のすべてが含まれるような単体外 (intra-simplicial) のタイプ、または状態があるゾーンから別のゾーンに交差する単体内 (inter-simplicial) のタイプのいずれかとすることができる。最も簡単な状況は、ゾーンの境界を交差することなく画像の状態が変化するタギング操作である。このタイプのタギングは疑似逆マトリックスによって行うことができる。図示する例として、まず自動変換がない場合に行われるドライビング操作について検討する。このドライビング操作では、画像例の間を線形に補間することによりコンフィギュレーションを計算する。補間重みとハンドル位置との間の関係は線形であるので、この関係をマトリックス方程式  $\Delta X = J \Delta \lambda$  で表わすことができる (ここで  $\Delta \lambda$  は補間重みのベクトルに対する変化である。ここで  $\Delta X$  はハンドル位置を含む、結果とし

て生じるベクトル変化であり、 $J$  は2つのベクトルの間の関係を示すヤコビマト

リックスである)。

ハンドル位置の所定の希望する変化 $\Delta X$ に対し、かかる変化、すなわち $\Delta \lambda = J^{-1} \Delta X$ をほぼ生じさせるような補間重みの変更を行うよう、マトリックス $J^{-1}$ を疑似逆マトリックス技術が計算する。この疑似逆マトリックス $J^{-1}$ の計算は多数の周知の方法のうちのいずれかによって実行できる。

同様なアプローチを使用することによって自動変換を使用する際に、マトリックス $J$ および $J^{-1}$ を計算することもできる。このような技術を用いると、ユーザーが画像内の1つ以上のコンフィギュレーションパラメータをドラッグする際に、システムは画像の状態がコンフィギュレーションパラメータの必要とする変化をどのように変化させなければならないかを容易に計算できる。

ヤコビマトリックスは状態とコンフィギュレーションパラメータとの間の関係を記述する、ある表面の異なる特徴を定量化する。自動変換が並進以外の動作を含む場合、この表面は非線形となる。このことは本発明が解決する計算上の問題を引き起こしている。この問題を回避できないタギングを実行する際に、入力装置の運動の各単位ごとに表面に対する接線に沿った少量の移動を行う。かかる運動のインクリメントごとに新しいヤコビマトリックスを計算する。このアプローチは状態をハンドルの移動に密にトラッキングさせるが、計算上、高価につくことが理解できよう。更に、変換されたコンフィギュレーション空間は非線形であるので、表面は尖点または特異点を含むことがあり、誤差が累積し得る。

従って、本発明の好ましい実施例では、線形化されたコンフィギュレーションマップを使用する。線形化されたコンフィギュレーションマップの計算および使用法の次の説明では、 $X(a)$ 、 $X(b)$ および $X(c)$ は二次元ゾーンにおける3つの画像例を示し、 $T(a)$ 、 $T(b)$ および $T(c)$ はゾーンに対する変換を示す。補間されたコンフィギュレーション $X(s)$ を得るように $X(a)$ 、 $X(b)$ および $X(c)$ の間を線形に補間し、更に補間された変換値 $T(s)$ を得るように $T(a)$ 、 $T(b)$ および $T(c)$ を線形に補間することにより、所定の状態に対しディスプレイすべき画像を決定する。最終画像は $X(s)$ に対し $T(s)$ を適用することによって得られ、本明細書では $T(s) \times X(s)$ とし

て表示される。

ゾーンに対する変換されたコンフィギュレーションデータ間での補間をすることにより、線形化されたコンフィギュレーションマップを計算する。特にゾーンの頂点ごとに、変換されたコンフィギュレーション値、すなわち  $T(a) \times X(a)$ 、 $T(b) \times X(b)$  および  $T(c) \times X(c)$  を計算する。特定の状態に対しマップを作成するように、これら変換されたコンフィギュレーションの間の線形補間を行うことにより線形化されたコンフィギュレーションを決定する。その後、ユーザーが直接コンフィギュレーション変数を位置決めする時は常にマップから対応する状態を得る。このアプローチの特定の利点は、コンフィギュレーションマップが平坦な表面を定め、よって設計者がタギング中にハンドルの間隔を良好に制御できるということである。更に、コンフィギュレーションパラメータの各インクリメント変化に対してではなく、状態がゾーンに進入する際に1回線形化されたコンフィギュレーションマップを計算するだけでよい。

コンフィギュレーションパラメータの求められる変更を行うのに必要な新しい状態が現在のゾーンの外にある場合、ユーザーに対して自然に見えるような動きを与えるように、更に検討する。これら検討事項については図3に示された状態空間を参照して説明する。この場合、現在状態は図に示されたポイント12であると仮定し、ユーザーによるタギングにより状態はそのポイントから離間する直線に沿って移動される。ゾーンの境界に遭遇した場合、その後の処置は境界の反対側に少なくとも1つのゾーンがあるかどうかに応じて決まる。

1つの可能性として、境界の反対側にゾーンがない場合がある。例えば画像の状態がゾーンの境界BCに遭遇することがある。この状態は境界にあるので、このことは補間重みの少なくとも1つがゼロ、すなわち本ケースでは例Aの重みとなったことを意味する。このプロセスはゾーンが例BおよびCしか含まないかのように、このポイントから続く。更なるすべての移動は直線BCに沿って存在する。従って、別のゾーンによって共用されない境界に遭遇する時はいつも現在ゾーンで操作が続くが、1つの頂点は除かれる。ゾーンがわずか1つの頂点にまとめられているポイントに作動方法が到達すると、タギング操作が停止する。このことは、例えば状態が頂点Cに到達するまでBC直線に沿って走行すると仮定し

た場合に生じる。

別の可能性として、境界の反対側にゾーンが存在する場合がある。従って、例えばプロセスが直線BCに沿って直線Bまで進んだ場合、状態はゾーンABDまで続き、その頂点のすべてを考慮することができる。

第3の可能性として、遭遇した境界の反対側に2つ以上のゾーンが存在する場合がある。かかるケースではゾーンのうちの1つを目的地として選択し、プロセスは先の場合のように進行する。選択された特定のゾーンは任意に選択できる。例えばこのゾーンをシステム設計者が最初に作成したゾーンとすることができる。より複雑、高度なアプローチでは、ゾーンを選択するのに定量的な尺度を使用できる。一例としては、所定の $\Delta X$ を得るのに状態が最小量だけ移動するゾーンを選択することが挙げられる。別のアプローチとしては、ユーザーがドラッグしていないハンドルが最小量だけ移動するゾーンを選択する方法がある。別の実施例では、例えば拘束マトリックス計算により数個の基準を互いにバランスさせることができる。特定のゾーンを選択する他の可能なアプローチについては容易に明らかとなろう。

#### ペースティング

図20のフローチャートには、本発明により画像を発生する際の基本的構成要素が示されている。この図を参照すると、アニメーションのような操作は状態シーケンスを定めることでスタートする。これら状態はモデルに順に適用される。所定の状態ごとにグラフィックシステムはプリミティブの制御ポイントの位置から成るコンフィギュレーションを形成する。更に他のパラメータ、例えば色、透明値等もコンフィギュレーションの一部として計算できる。一旦、コンフィギュレーションを計算すると、このコンフィギュレーションは可視画像を発生するようにレンダリングされる。

アニメーションのこれら成分は要素の間の3つの異なるマッピングを定めるのに使用できる。1つのマッピングは状態シーケンスと、このシーケンスが存在する状態空間の記述とから構成される。このマッピングはクリップ運動として表示され、基本的には状態空間におけるアニメーションを特定する。グラフィックスケルトンまたはクリップキャラクターと表示されるアニメーションの第2部分は

、  
状態空間からコンフィギュレーション空間へのマッピング、例えば状態空間から制御ポイントへのマッピングおよび状態空間から変換空間へのマッピングを指定する。グラフィックスキンとして表示される最終部分は幾何学的プリミティブ、色等を制御ポイントに取り付けることにより、コンフィギュレーションおよび変換がどのようにレンダリングされた画像を決定するかを特定する。

アニメーションをこれら3つの異なる成分に因数分解することによって得られる利点は、ある所定の条件のコンパティビリティでこれら要素の各々を互いに混合し、マッチングできることである。従って、ある人が特定タイプのクリップ運動、例えばバレリーナの踊りのプリエを定義でき、別の人がグラフィックスケルトン、例えばカウボーイの画像例の組を決定できる。このグラフィック運動はプリエを踊るカウボーイの画像となるように、別個に作成されたスケルトンにペーストすることができる。同様に、カウボーイに別の外観を与えるよう、グラフィックスケルトンにグラフィックスキンをペーストすることができる。

クリップキャラクターによって定義されるマッピングは変換値を含むので、生じる画像が常に正しくなるような保証が得られる。例えばアニメーションシーケンスがグランジュテを踊る巨人の画像を含む場合、巨人のジャンプはかなりの距離をカバーできる。巨人のキャラクターを小鬼のキャラクターに置き換える場合、ジャンプは長い距離をカバーしてはならない。キャラクターに対する自動変換ではこのような差を考慮する。より詳細には、巨人に対する自動変換値は20単位の並進値を含むが、小鬼に対する自動変換値は5単位の並進値しか有しない。従って、このケースでは小鬼のジャンプはより広い地面をカバーしない。

クリップキャラクターにクリップ運動をペーストするための唯一の条件は、運動およびスケルトンに対するそれぞれの状態空間が等モルフィックであるということである。一般的にはゾーンが同じトポロジー構造を形成するように、第1状態空間内の各頂点が第2状態空間内の対応するユニークな頂点にマッピングできる場合、これら2つの状態空間は単体が集合した複体として等モルフィックであると見なされる。このような条件が存在すれば、異なるモデルに対する別個に発

生されたグラフィックスケルトンに1つのモデルに対するグラフィック運動をペーストできる。基本的にはペーストはクリップ運動に対する等モルフィングの適

用である。2つのモデルに対するそれぞれの状態空間の間に1つのマッピングしかない場合、スケルトンに対する運動のペースティング方法を不明瞭でないように定めることができる。しかしながら可能なマッピングが多数存在する場合、ユーザーはペースティング作業を実行するのにこのうちのいずれかを選択することができる。

図21Aにはクリップ運動のペースティングが略図で示されている。状態シーケンスを発生し、各状態を計算し、対応するコンフィギュレーションを決定し、コンフィギュレーションにテクスチャーを適用し、状態に対する画像をレンダリングする4つの基本ステップを通してモデル1におけるアニメーションの発生を実現する。第2モデル、すなわちモデル2はモデル1の状態空間に対する等モルフィックな状態空間を有する。従って、ペースト作業は、基本的にはモデル2の状態に対し、元の状態シーケンスを適用するプロセスを実行する。その後、プロセスは元のアニメーションに対し、モデル2の画像を与えるように通常の態様で続行する。

同様に所定のグラフィックスケルトンにグラフィックスキンをペーストすることができる。再び唯一の拘束条件はスケルトンおよびスキンに対するコンフィギュレーション空間が等モルフィックであるということである。コンフィギュレーション空間におけるコンテキスト内の等モルフィングは、ある空間内の各コンフィギュレーションパラメータを他方の空間における対応するコンフィギュレーションパラメータにマッピングできることを意味する。図21Bを参照すると、ペースティング作業は基本的には元のモデルに対するコンフィギュレーション空間内の各パラメータに新しいモデル、このケースではモデル3に対するコンフィギュレーション空間内の対応するパラメータに割り当てられた解釈（位置、色など）を取り付けることである。

上記のように、クリップ運動またはクリップキャラクターのペースティングを実行する際には、モデルの状態空間および／またはコンフィギュレーション空間

は等モルフィックであることが望ましい。あるケースでは空間が等モルフィックでない場合でも、異なるモデル間のペースティングを実行することが望ましい。本発明に関連し、本明細書で状態空間アダプタと称す技術を用いることによりこ

れを行うことができる。この状態空間アダプタは基本的には単体のマップ (simplicial map)、例えば目的状態空間内の頂点にソース状態空間内の頂点をマッピングすることから成る。かかるマッピングに対する唯一の拘束条件はソース状態空間における同じゾーン内にある頂点の組が目的状態空間内のゾーン内で共に存在しなければならないということである。

図22Aを参照すると、ソース状態空間は二次元ゾーンABCと3つの一次元ゾーンCD、DEおよびCEから成る。この状態空間におけるクリップ運動が一連のポイントmによって示される。第2の状態空間は図22Bに示されるように複数の二次元ゾーンおよび一次元ゾーンから構成できる。状態空間アダプタを形成する単体のマップは第1状態空間における頂点 $v_1$ が第2状態空間における頂点 $v_2$ 、すなわち $v_2 = f(v_1)$ となるように、2つの状態空間の間のマッピング $f$ を設定する。図22Bから理解できるように、図22Aの状態空間内の頂点の各々を図22Bの状態空間内の対応する頂点にマッピングすることが可能である。この場合、図22Bの状態空間はソース状態空間の頂点のいずれにも対応しない別の頂点を含む。しかしながら、ソース状態空間から目的状態空間へのクリップ運動のペースティングを行うために、これら別の頂点は不適當である。 $f$ が単純マップである限り、 $f$ が主観的でなくてもペースティングをサポートできる。例えば状態空間が5つのゾーンを組むが、クリップ運動がゾーンのうちの2つの状態にしか関係していない場合、ソース状態空間内のこれら2つのゾーンからのマッピングが存在しているだけでよい。 $f$ の領域からその他の3つのゾーンが存在していない場合、まだペースティングを行うことができる。

図22Bの例ではソース状態空間内のどの頂点も目的状態空間内のユニークな頂点にマッピングする。しかしながらこれは事実である必要はない。ソース状態空間内の2つ以上の頂点は、目的状態空間内の同じ頂点にマッピングできる。すなわち上記拘束条件が満たされる限り、状態空間をつぶすことができる。例えば

図22Cは図22Aのソース状態空間をマッピングする別の目的状態空間を示す。この場合、ソース状態空間内の2つの頂点DおよびEを目的状態空間内の同じ頂点にマッピングする。これら2つの頂点はソース状態空間および目的状態空間の双方で同一のゾーン内にある。従って、マッピングは可能である。

従って、空間の間の単体のマップを設定できる場合、適当な動作に対する条件として等モルフィズムを通常必要とする任意のタイプの動作に対し、等モルフィックでない状態空間を利用できる。

#### マルチ状態空間

上記例のいずれにおいても、画像を発生するのに使用されるモデルは単一の状態空間を含む。本発明の別の実施例では、多数の状態空間を含むモデルを使用できる。例えば1つのモデルを操作する2つの異なる方法、すなわちドライビングとタギングについて説明した。所定の用途ではモデルのある特徴をドライブしながら、他の特徴をタギングできると有益である。例えば人に類似したキャラクターのモデルが所定の生命に関する機能、例えば自動的に生じる呼吸または瞬きの機能を有することができるが、人に類似したキャラクターのポーズをユーザーが相互対話式に操作できる。この場合、ポーズをタギングしながら生命に関する機能をドライブする。

本発明の別の特徴によれば、クロス積の状態空間と共にモデルを使用することにより、かかる結果を得ることができる。かかるモデルはゾーンの一組として定義される各状態空間と共に2つの状態空間を含み、各ゾーンは一組の頂点となる。どの頂点も1つの状態空間内にあるか、または他方の空間内に存在する。これら2つの状態空間は互いに等モルフィックである必要はない。

二頂点は、1つの状態空間からの頂点と他の状態空間からの別の頂点から成る一対の頂点となるように定義される。クロス積の状態空間を備えたモデルでは各例は二頂点と関連付けられる。1つの画像は双状態として定義でき、この状態は1つの状態空間内の状態と他方の状態空間内の状態とから成る。より詳細には画像例の間を補間することによって画像が形成され、各画像例の相対的な比率は双状態のうちの第1状態における関連する相対的重みと双状態のうちの第2状態に



おける関連する相対的重みとの積によって決定される。あるシーケンスの双状態によりアニメーションシーケンスを特定できる。

次に、例が図2A～2Dに示されている図3に示された状態空間を参照して1つの例について説明する。状態空間のゾーンはABCおよびABDであり、A、B、CおよびDに関連する例はキャラクターの異なる体のポーズに対応する。ク

ロス積の状態空間を作るために、第2状態空間、すなわち1つの一次元ゾーンYZしか含まない空間を定める。このケースにおける二頂点はAY、BY、CY、DY、AZ、BZ、CZおよびDZである。これら二頂点に関連する例はYを含む二頂点に関連する例が開いた眼を有し、Zを含む二頂点に関連する例が閉じた眼を有することを除けば、図2A～2Dに示された例と同じにすることができる。本発明の簡単な実施例では、アーティストはかかるどの例も別々に描く。本発明のより複雑な実施例では、システムはこれら例のうちの一部を自動的に構成できる。例えば二頂点BYに関連する例のポーズおよび二頂点AZに関連する例の眼を使って、二頂点BZに関連する例を構成できる。

二頂点の一例は30%のA、60%のB、10%のC（これらは図3に示される）、75%のYおよび25%のZとすることができる。例AYが30%×75%の補間重みを有し、例AZが30%×25%の補間重みを有する等々となるように、総計8つの画像例を補間することにより、この二頂点に対応する画像を形成する。このような二重補間法を次のように表すことができる。

$$\sum_i \lambda(v_i) \lambda'(v'_j) \bar{x}(v_i v'_j)$$

ここで、 $\lambda(v_i)$  は状態空間ABCDにおける頂点に対する補間重みであり

$\lambda'(v'_j)$  は状態空間YZにおける頂点に対する補間重みであり、

$\bar{x}(v_i, v'_j)$  は双状態 $v_i, v'_j$ に関連する例である。

この補間法は図23に示されるようなマトリックス形状で表示できる。

眼が自動的に瞬き、ポーズが相互対話式に操作可能なポーズを作成するために

、あるシーケンスのランダム状態でYZ空間内で状態を駆動し、ゾーンABCおよびABDを含む空間内でタギングを実行する。多数の異なる方法でタギングとドライビングの組み合わせ動作を行うことができる。例えば自動瞬き機構がYZ空間における状態を75%のY、25%のZにドライブした状況を検討する。上記記載から、BYおよびBZなどと同じように例AYおよびAZは75:25の比で補間された画像に存在することが理解できよう。次に、タギング操作は図3に示された状態空間に等モルフィックな状態空間を備えた4例モデルで実行されるものと見なすことができ、図3の例は頂点Aに対して75%のAYおよび25%

のAZであり、頂点Bに対しては75%のBYおよび25%のBZ等々である。従って、タギングは上記と同じように行うことができる。自動変換値が存在している場合、これらを((ABC、ABD)空間内の保存的ゾーンの場合)二頂点に取り付けるか、または(非保存的ゾーンの場合)二頂点エッジに取り付ける。

本発明の別の特徴によれば、モデルを多数の個々のモデルから成る複合モデルとすることができる。このアプローチは全てが同一の動作を示すわけではない多数の構成成分を画像が含む場合に有効である。例えば画像を地面に沿って転動するワゴンとすることができる。このワゴンは2つの主な構成成分、例えば車輪と本体とを有する。図8Aおよび8Bの例を参照して先に説明したように、車輪の画像は車輪が地面に沿って移動する際に回転しなければならない。このような画像は自動変換によって得られる。しかしながらワゴンの本体は車輪と共に回転してはならない。従って、ワゴンの行動には別の自動変換が適用されるので、ワゴンに対しては別個のモデルを使用すべきである。画像の個々の構成成分に対するこれら異なるモデルは互いに等モルフィックとすべきである。これら異なるモデルは複合モデルを形成し、この複合モデルでは現在状態は所定の瞬間において個々のモデルの全てに対して同一である。

多数のモデルを同時に使用する際、モデル間の階層的アタッチメントを設定することが有効となり得る。例えばあるモデルで顔を表示し、別のモデルが顔に対する別個に制御された口に関係するようにすることができる。顔の画像が自動変

換を行う場合、例えば水平方向に並進運動する場合は、口の画像も同じ変換を行わなければならない。かかる結果を得るには、階層的アタッチメントを使用できる。

階層的アタッチメントを使用する際は、2つのモデルのための変換パラメータのうちの1つ以上は、自己の自動変換によって支配される代わりに、他のモデルによりコンフィギュレーションパラメータとして扱われる。図24を参照すると、第1モデルは関連するコンフィギュレーション空間および変換空間を備えた状態空間を含む。このモデルは上記例における顔の画像に関連し得る。状態変化が生じると対応するコンフィギュレーションおよび変換値を計算できる。この結果得られる変換値は画像のレンダリングのためのコンフィギュレーションに適用される。

る。

第2モデルは、対応するコンフィギュレーションおよび変換空間を備えた状態空間を含む。このモデルは上記画像例における口の画像に関連することができる。このモデルにおいて、状態変化が生じると、対応するコンフィギュレーションおよび変換が計算される。第1モデルのコンフィギュレーションから変換パラメータの1つ以上が取り出される。換言すれば、2つのモデルの間でコンフィギュレーションパラメータの一部を共用する。上記例では、これら共用される変数は口の画像を顔の画像に取り付けるポイントに関係付けることができる。実際には第2モデルの1つ以上の変換パラメータは第1モデルの状態に依存し、2つのモデルの間で階層的アタッチメントを設定することにより、この結果が得られる。

上記複合モデルでは結果として得られる画像を形成するように、成分モデルの各々で同じ状態を同時に使用する。本発明の別の実施例では多数のモデルを使用するが、現在の状態はあるモデルから次のモデルに逐次移動する。このような実施例は自動動作を行うことが望ましい時、特に補間法によって発生できないフレームシーケンスを自動動作が行う際に有効となり得る。例えば、あたかも星がランダムにまたたくかのように見えるような空の画像を作成できる。このようにするために、飛行機および雲が種々の位置に見える第1モデルを作成する。このモ

デルの全ての実施例では星の特定の組を描く。第2モデルでは第1モデルの全ての例を複製し、星の異なる組を描く。第3モデルでは更に異なる組みの星と共に第1モデルの例を再び複製する。

画像発生中にユーザーはドライビングまたはタギングにより画像を所望する態様で移動させる状態を選択できる。画像がディスプレイされている間、グラフィックシステムはモデルの各々を逐次自動的にステップ通過する。この結果、ユーザーの側で動作を行うことなく、星が一定にまたたくように見える。換言すれば、ユーザーが状態  $s_1$  から状態  $s_2$ 、更に状態  $s_3$  に飛行機の画像を移動させるにつれ、システムは状態変化と無関係に第1モデルから第2モデル、次に第3モデルへと自動的に移動する。モデル間の逐次遷移は時間ベース、例えば秒ごとに、または他のランダム状に、異なるモデルとなるように実行できる。

上記より、特殊な芸術的才能を有することなくユーザーが視覚的に喜ばすこと

ができる画像操作、例えばアニメーションを作成できるようにする、拘束条件埋め込み型グラフィックシステムを本発明が提供することが理解できよう。これら拘束条件は最初に作成された画像自身によって定義される。従って、コンテンツプロデューサは画像の多数の変形例を発生し、補間によってどの変形例を組み合わせるかを指定するだけでよい。代数学的方程式、または明確な拘束条件を指定する必要はない。一旦これら要素が決定されると、状態を定める少数のパラメータを指定することによって操作が得られる。

本発明によりモデルを定めるためにトポロジーデータ構造を使用することによって得られる利点として、種々のタイプの情報を得るためのデータにトポロジー計算を行うことができることが挙げられる。例えばトポロジー構造が単体の複合体であると仮定すると、異なるタイプの不変数 (invariants)、例えばホモロジー群、相対的ホモロジー群、隣接度、接続性、境界、共境界 (co-boundary)、結合 (incidence)、類、有理数および整数ホモロジーを計算できる。これら不変数およびそれらの計算についてはそれ自体周知であり、例えば1991年10月サンファンでのコンピュータ科学の基礎に関するIEEEシンポジウムにおける、ドナルドおよびチャンによる論文「三角測量のホモロジータイプの計算の複

雑性に関して」の650～661ページに記載されている。これら不変数から得られる情報を使って特定構造がどれだけ複雑であるか、例えばその構造がどれだけ多くのホールを含み、よってどれだけそれを通してナビゲートすることが困難であるかを決定できる。決定できる他の特性として、状態空間がアーティファクトを示しやすいのかどうか、別の状態空間に対して等モルフィックであるのかどうかが含まれる。これら不変数から得られる情報を使って更に状態空間アダプタを構築したり、ペースティングのための状態空間間のマッピングの受け入れ性をチェックすることもできる。

更に、かかる構造およびこの構造に関する情報を使用することにより、離間したゾーンに位置する状態を開始し、終了させることにより、アニメーションを指定する能力が容易となる。例えば図25は、状態空間が多数のゾーンを有することを示す。ユーザーはとるべき特定の経路を指定することなく、アニメーションがあるゾーンにおける第1状態  $s_1$  で開始し、離間したゾーン内の別の状態  $s_2$  で

終了することを指定できる。全てのゾーンは接続されているので、グラフィックシステムが自動的に  $s_1$  から  $s_2$  までの経路を決定することが可能である。例えば周知の技術を使用すれば、2つの状態を接続する、あるシーケンスのペア状の隣接ゾーンを最初に決定できる。例えばこのシステムは  $s_1$  から  $s_2$  までの最短経路をとるように選択できる。このシーケンスが一旦決定されると、先に述べたポイントを通る計算方法を使用して、ゾーンの各々内の適当な経路を計算できる。

グラフィックの主題、例えばアニメーション化されたキャラクター、機構等の表示を参照して、これまで本発明について説明した。一部の 경우에는 作者は状態空間自体を視覚化するためのツールとしてモデルを使用したいことがある。本明細書で状態空間デバッガーと称するかかるモデルを次のように構築できる。作者は図3などに示されている状態空間により類似するように、状態空間内の各頂点と状態空間のダイアグラムとを関連付ける。種々の画像例はすべて同じ状態空間を示すが、これらはゾーンの異なるビュー、すなわち配置を示すことができる。最後に作者は、小さいグラフィックオブジェクト（例えば点）をパラメータ化された画像に加え、これを各画像例における対応する描かれた頂点に載せる。上記

説明から、かかるモデルをドライブすると、描かれた点は状態空間における状態の移動を示す。更にこの点はタギング可能となるので、状態空間デバッガーは状態の操作に対するグラフィックインターフェースとして働く。

当業者であれば、本発明は発明の要旨、すなわち本質的な特徴から逸脱することなく、他の特定の形態で実施できることが理解できよう。例えば単一のコンピュータで実行されるコンテキストに関連し、画像の発生およびディスプレイに関する動作の全てを説明したが、本発明の実現例はこれらケースのみに限定されるものではない。すなわちネットワーク上のサーバーで状態情報を発生し、次にこれを画像のディスプレイをするために遠隔地のコンピュータへ伝送することもできる。遠隔地のコンピュータにおいてユーザーがタギング操作を実行する場合、スクリーン上のユーザーのカーソル位置をサーバーへ送り戻し、新しい状態を発生し、ディスプレイさせることができる。更にこれに関連し、システム部品のモジュラー性に起因し、等モルフィズムに関する拘束条件に従う限り、サーバーおよび遠隔地のコンピュータの各々で異なる画像をディスプレイすることができる。

従って、ユーザーが遠隔地のコンピュータで画像に対しタギング操作を行うと、サーバーおよび他の遠隔地のコンピュータでディスプレイされている種々の異なる画像に対応する状態変化が現れる。

従って、現在開示されている実施例は全ての点において説明上のものであり、限定的なものではない。本発明の範囲は上記説明ではなく、添付した請求の範囲に示されており、発明の均等物の意義および範囲内に入る全ての変形例は、本発明内に含まれるものである。

【図 1】

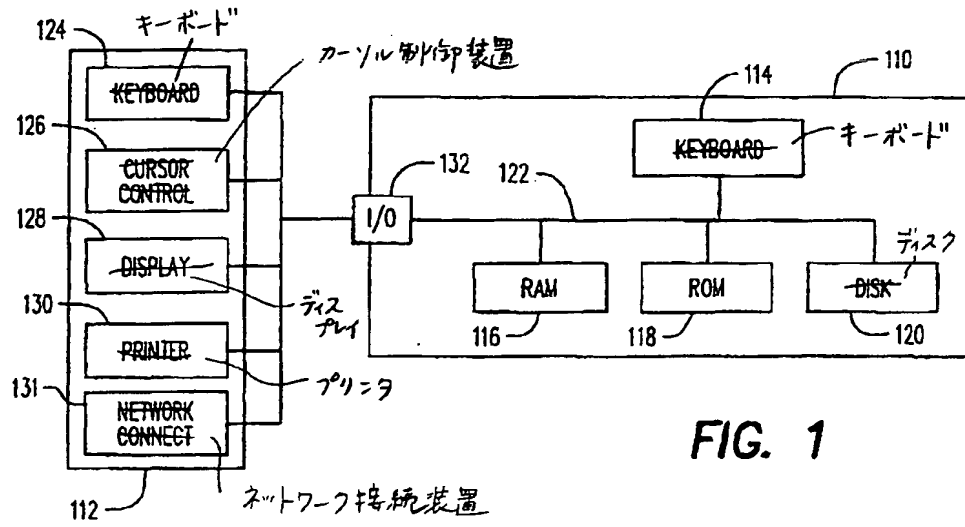


FIG. 1

【図 2】

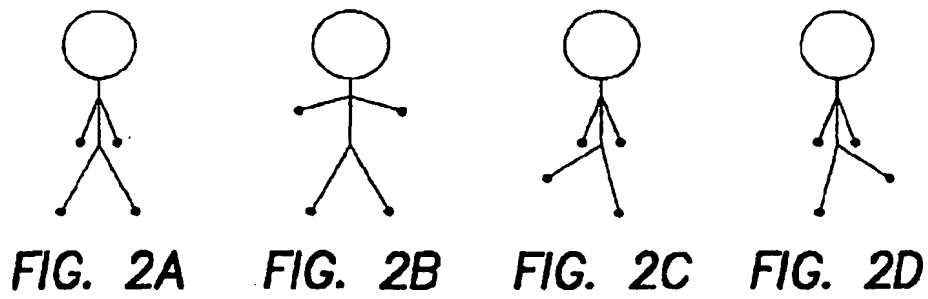


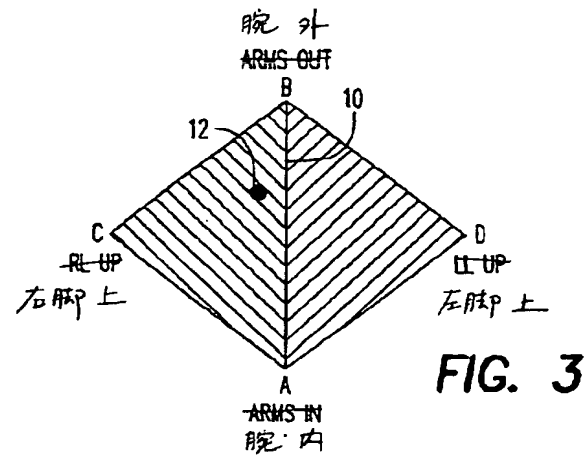
FIG. 2A

FIG. 2B

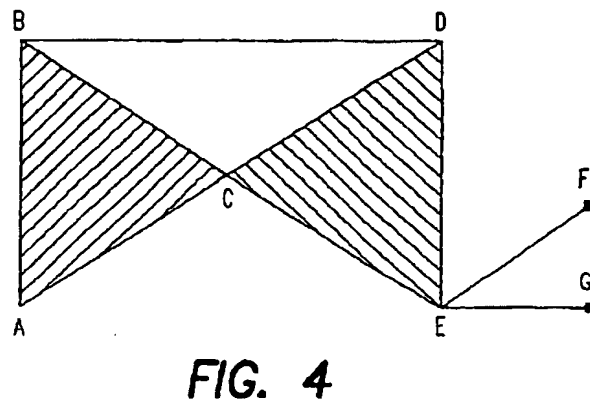
FIG. 2C

FIG. 2D

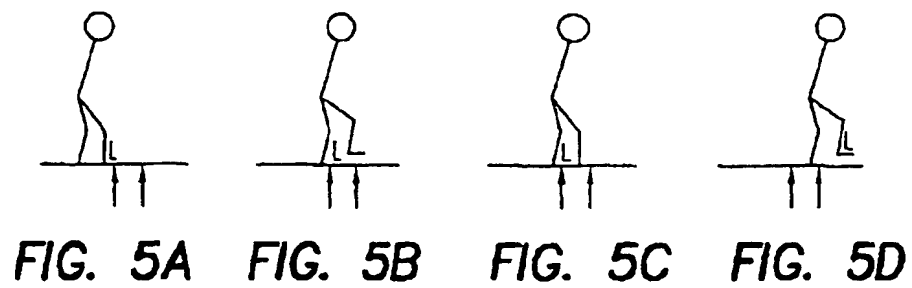
【图3】



【图4】

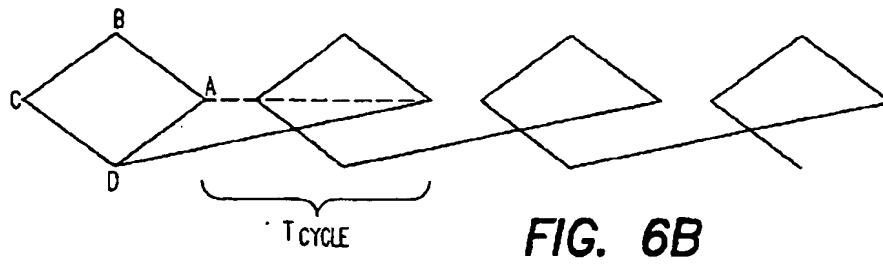
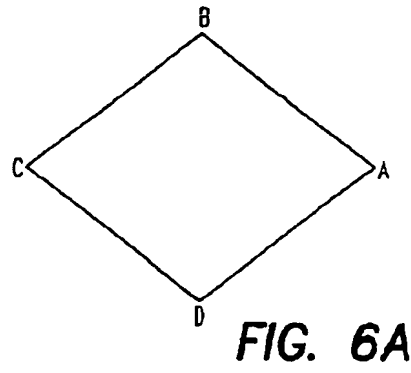


【图5】

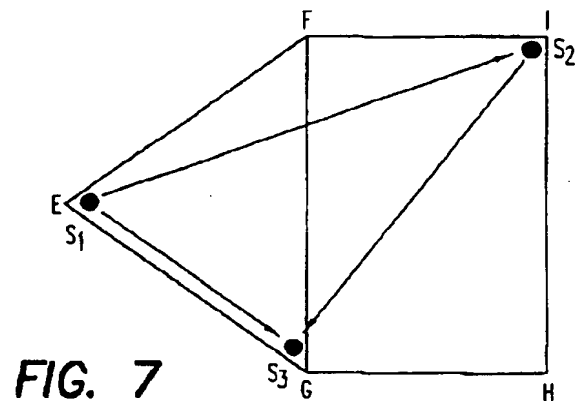




【 図 6 】



【 図 7 】



【图8】

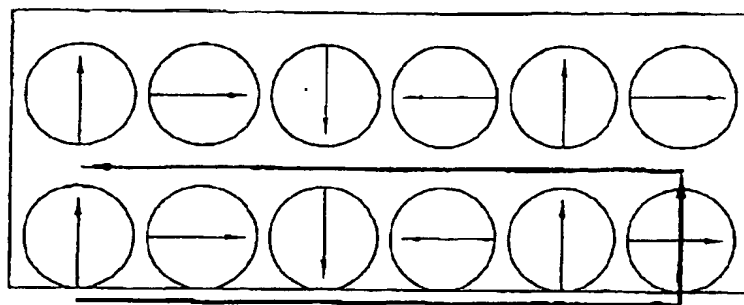


FIG. 8A

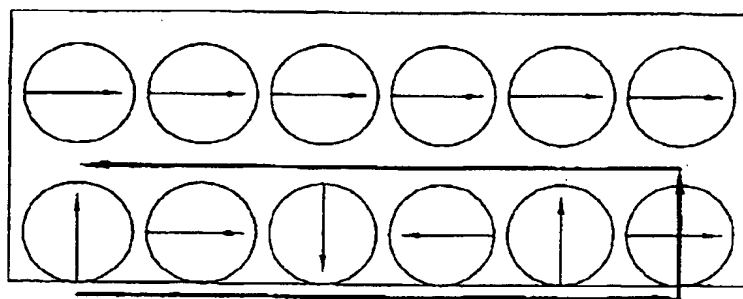


FIG. 8B

【图9】

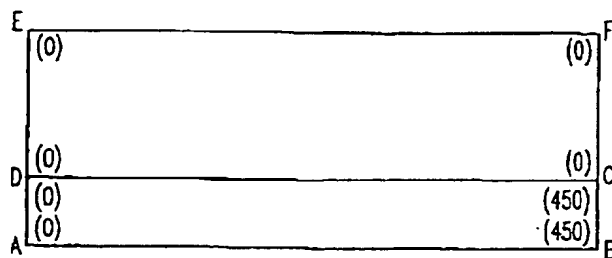


FIG. 9

【図 1 0】

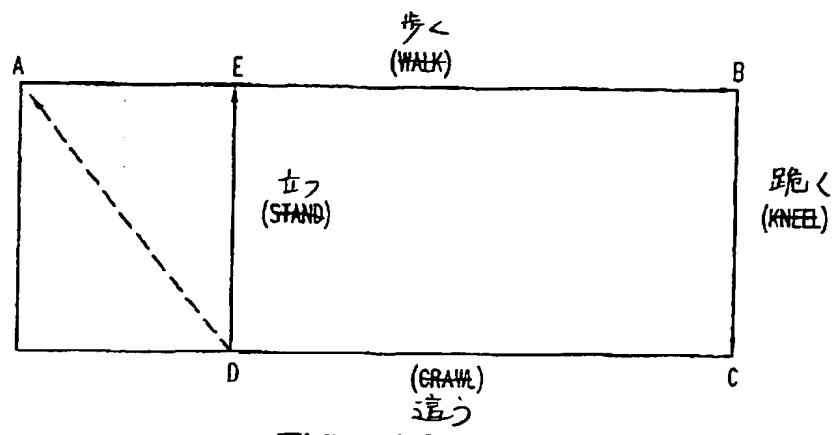


FIG. 10

【図 1 1】

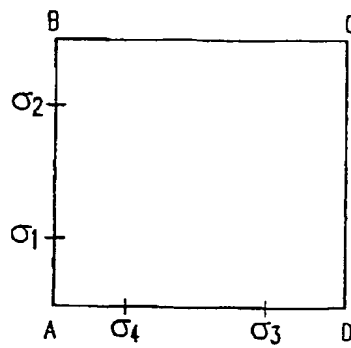
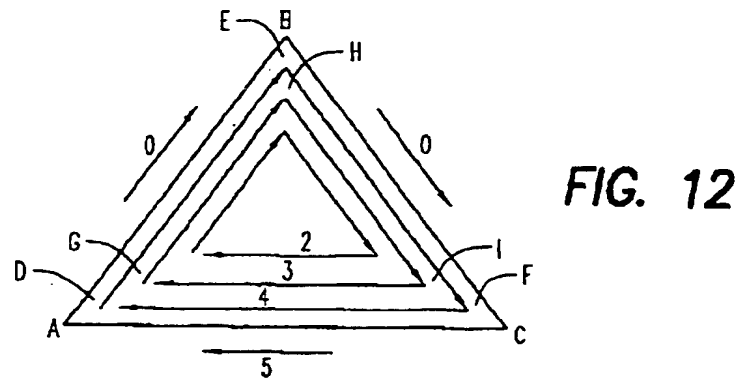
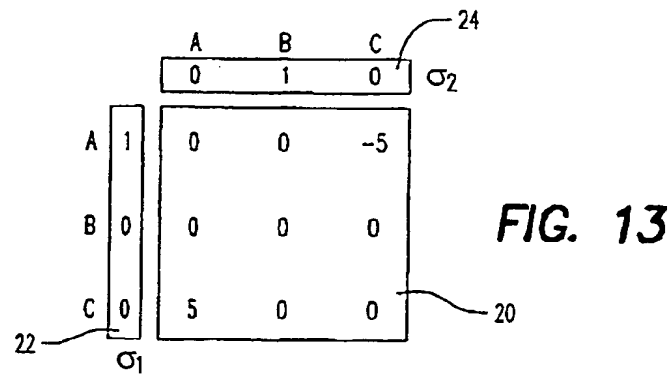


FIG. 11

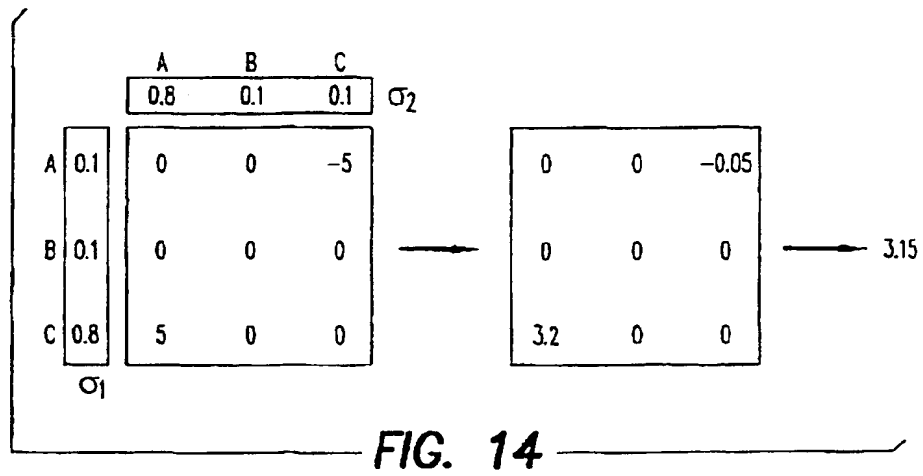
【図 1 2】



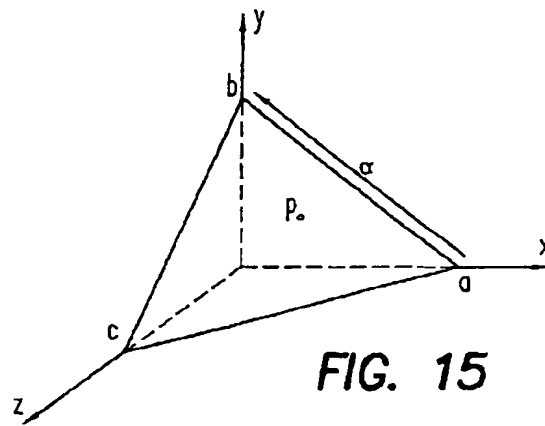
【図 1 3】



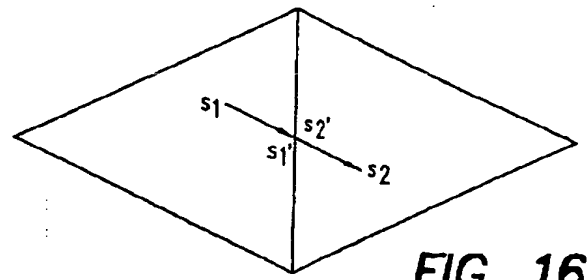
【図 1 4】



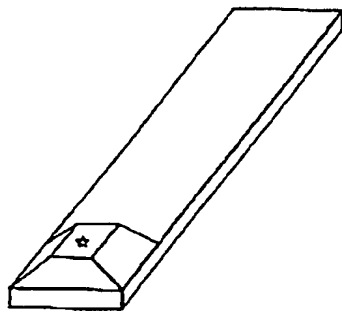
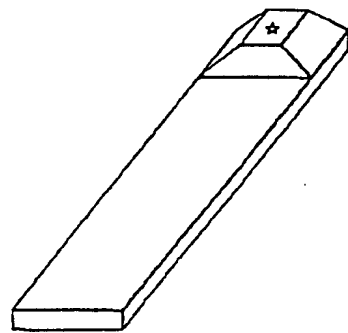
【図 1 5】



【図 16】

**FIG. 16**

【図 19】

**FIG. 19A****FIG. 19B**

【図 17】

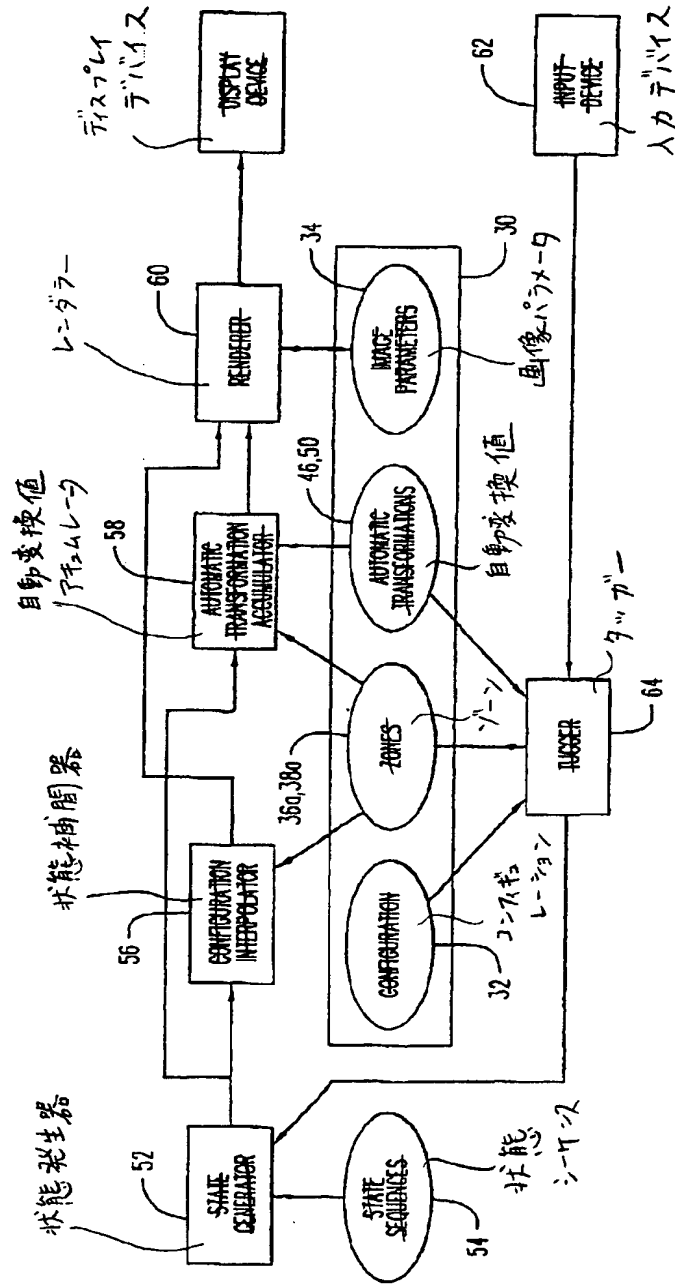


FIG. 17

【図 18】

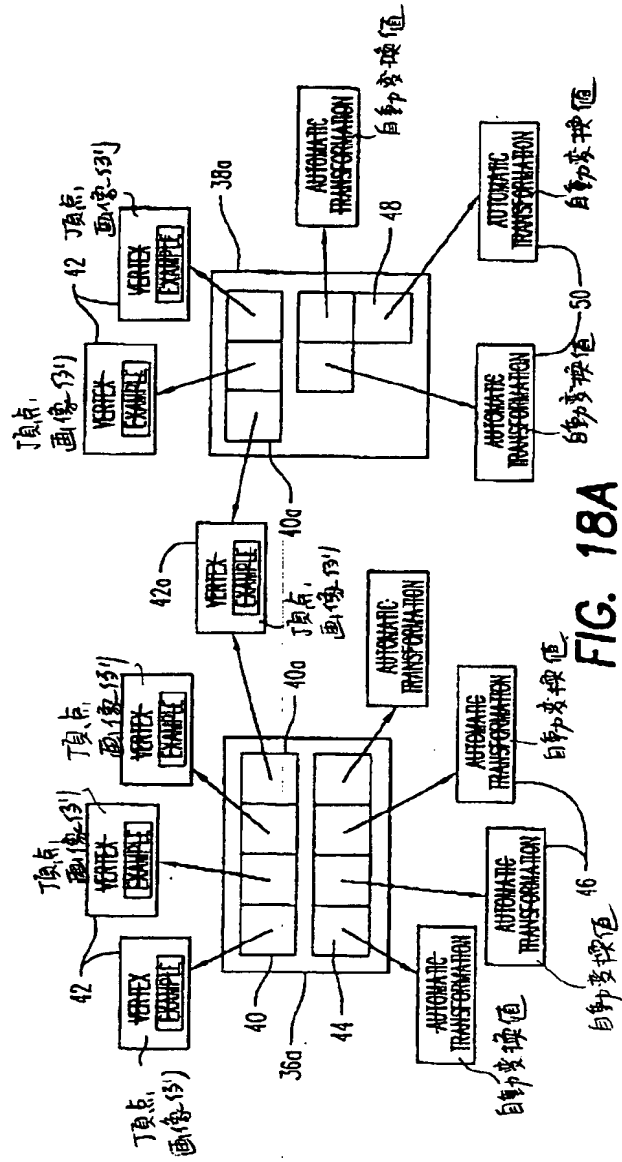


FIG. 18A

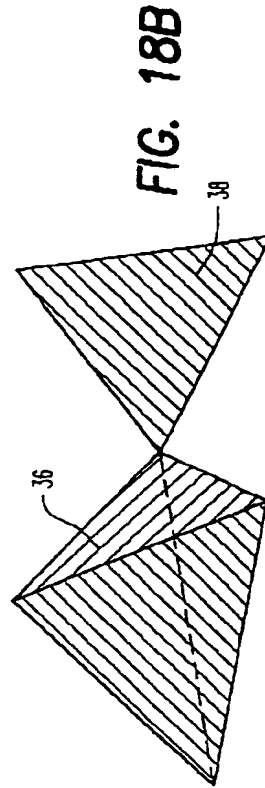
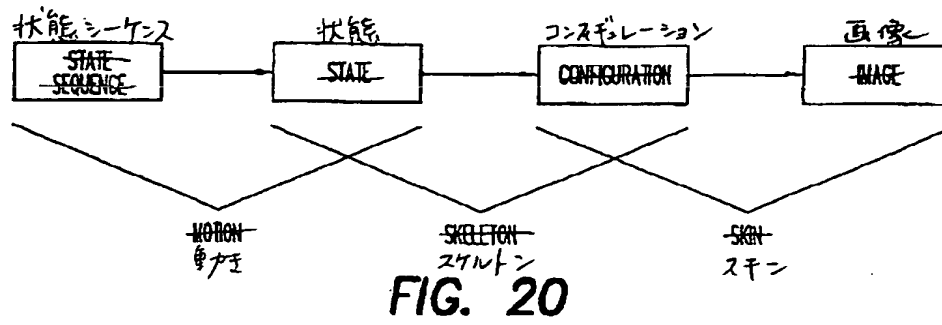


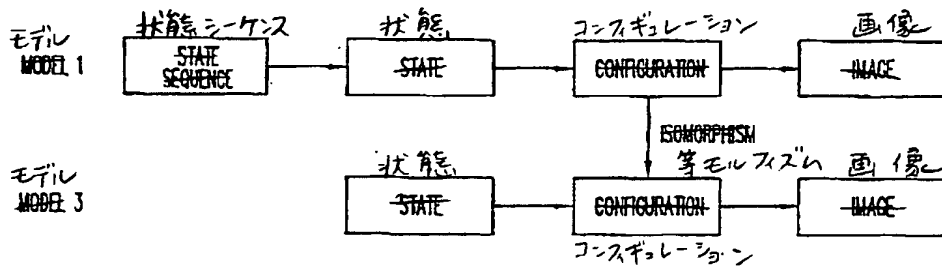
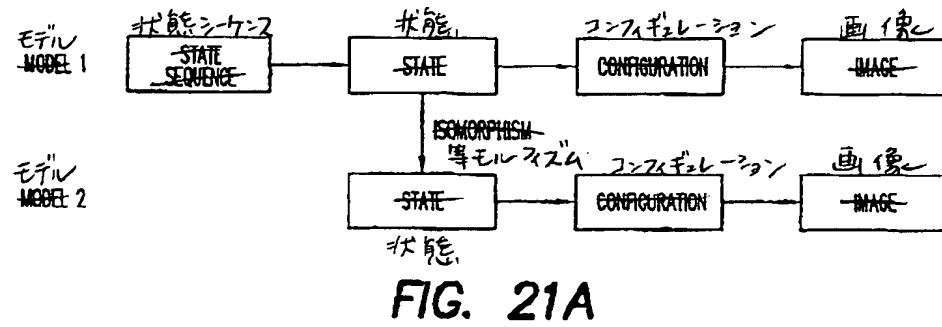
FIG. 18B



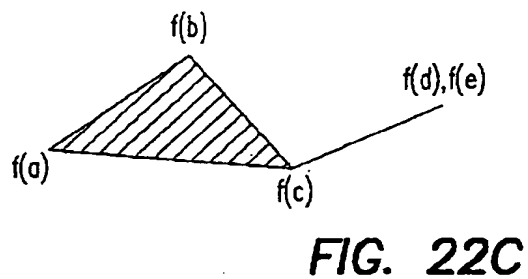
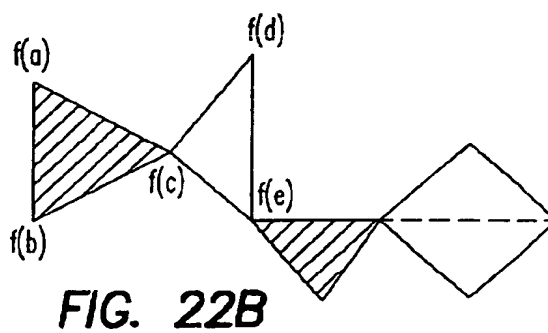
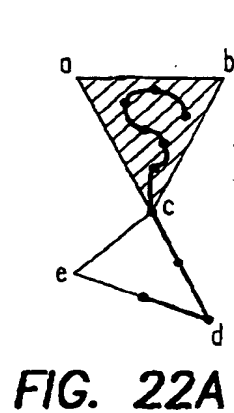
【図 20】



【図 21】



【図 2 2】



【図 2 3】

$$X = \begin{bmatrix} \lambda(Y) \\ \lambda'(Y) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{\lambda}(AY) & \tilde{\lambda}(BY) & \tilde{\lambda}(CY) \\ \tilde{\lambda}(AZ) & \tilde{\lambda}(BZ) & \tilde{\lambda}(CZ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda(A) \\ \lambda(B) \\ \lambda(C) \end{bmatrix}$$

**FIG. 23**

【図 2 4】

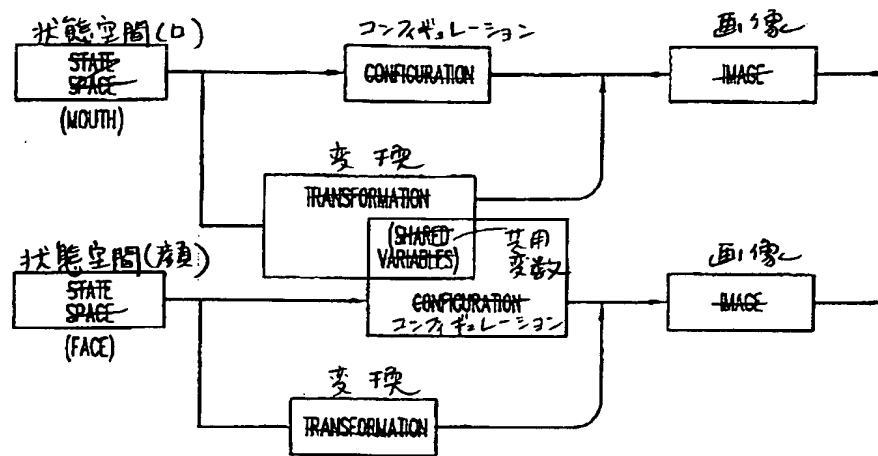


FIG. 24

【図 2 5】

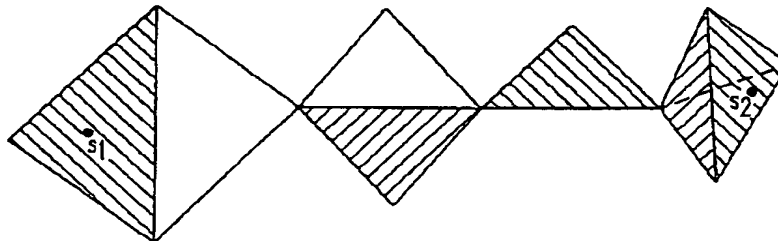


FIG. 25

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 97/12920
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 6 G06T15/70		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GRANIERI J P ET AL: "PRODUCTION AND PLAYBACK OF HUMAN FIGURE MOTION FOR VISUAL SIMULATION" ACM TRANSACTIONS ON MODELING AND COMPUTER SIMULATION, vol. 5, no. 3, July 1995, pages 222-241, XP000640501 see page 224, line 19 - page 225, line 2; figures 4,5 see page 227, paragraph 3.1. see page 232, line 2 - line 11; figure 8 --- -/--	63-68, 76,79-82
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
11 November 1997		19. 11. 97
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patankaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Perez Molina, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 97/12920

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AUSLANDER J ET AL: "FURTHER EXPERIENCE WITH CONTROLLER-BASED AUTOMATIC MOTION SYNTHESIS FOR ARTICULATED FIGURES" ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS, vol. 14, no. 4, 1 October 1995, pages 311-336, XP000558611 see page 313, line 17 - line 20 see page 321, paragraph 3 ---	1-91
A	EP 0 520 099 A (SHUKYOHJOJIN KONGO ZEN SOHONZAN) 30 December 1992 -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 97/12920

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0520099 A	30-12-92	JP 4270372 A	25-09-92
		JP 7313648 A	05-12-95
		JP 4270470 A	25-09-92
		JP 4271734 A	28-09-92
		JP 5084679 A	06-04-93
		JP 5204430 A	13-08-93
		CA 2043885 A	26-06-92
		US 5625577 A	29-04-97
		CA 2043884 A	26-06-92
		CA 2043902 A	26-06-92
		US 5623428 A	22-04-97
		CA 2043886 A	26-06-92
		CA 2043887 A	26-06-92
		US 5586224 A	17-12-96
		CA 2043888 A	26-06-92

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW